

ARIODARI FRANCISCO DOS SANTOS

EFEITO DA ATIVIDADE DO OLIGOCHAETA

Amyntas spp. (minhoca louca), NA PRODUÇÃO DO FEIJOEIRO
(Phaseolus vulgaris- FT 120) E DA AVEIA PRETA
(Avena strigosa - VAR CANTON), COM RELAÇÃO À ALGUMAS
PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO SOLO.

Tese apresentada como requisito
parcial à obtenção do grau de
Mestre. Curso de Pós-Graduação
em Ciência do Solo, Departamento
de Solos, Setor de Ciências
Agrárias, Universidade Federal
do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Honório
Roberto dos Santos.

CURITIBA

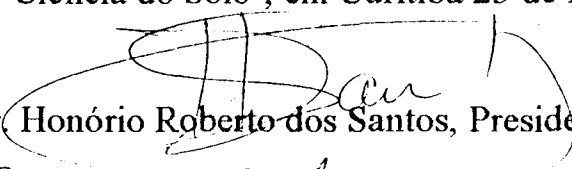
1995

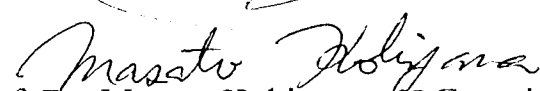
**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO CIÊNCIA DO SOLO
"MESTRADO"**

P A R E C E R

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato **ARIODARI FRANCISCO DOS SANTOS**, com o título: **"Efeito da atividade do Oligochaeta Aemynthes spp. (minhoca louca), na produção do feijão (Phaseolus vulgaris - FT 120) e da aveia preta (Avena strigosa - Var. Canton), com relação as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo"** para obtenção do grau de Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo" do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de Parecer pela **"APROVAÇÃO"** da Dissertação com o conceito **"A"** completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo"**.

Secretaria do Curso de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", em Curitiba 23 de fevereiro de 1996.


Prof. Dr. Honório Roberto dos Santos, Presidente.


Prof. Dr. Masato Kobiyama, I^o Examinador.


Engo. Agro.M.Sc. Klaus Dieter Sautter, II^o Examinador

Este trabalho é dedicado ao meu pai José Francisco (in memoriam) pela mensagem de vida que me foi dada; minha mãe Cirila; minha sogra Ludmila Helena; à minha esposa Helena e meus filhos Polan e Felipe pelo incentivo e acima de tudo, por todo o amor.

Agradecimentos

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Prof. Dr. Honório Roberto dos Santos, pela orientação no preparo e execução deste trabalho e pelo incentivo.

Ao curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Departamento de Solos, Setor de Ciências Agrárias da UFPR, pela oportunidade concedida para a realização do Curso.

Ao Departamento de Biologia da FAFIG/Unicentro, pelo apoio.

Ao Prefeito de Guarapuava, César Roberto Franco, pela colaboração.

Ao Engenheiro Agrônomo Francisco Carvalho Alexandrino, Professor Alacir Valença Soares, Técnicos José Carlos Amaral e Mauro S. Gonçalves, funcionários do Colégio Agrícola Estadual Arlindo Ribeiro.

Ao amigo de curso e viagens Luiz Gilberto Bertotti.

Aos funcionários do SETA-DESG da Secretaria de Estado da Educação, em especial a Edirlei C. Colleone, Mário João Figueiredo e Maria Lourdes Ofenbook Nascimento.

Aos professores da FAFIG-Unicentro Osmar Ambrósio e Neonila.

Ao Professor da UFPR Jair Alves Dionísio por suas sugestões e valiosa colaboração e amizade.

Ao Engenheiro Agrônomo Luis Marcel Pereira Milla, pela colaboração.

À minha cunhada Danuta D. Ferreira pelo companheirismo aos meus filhos durante o curso.

A todos os professores e colegas do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UFPR.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 FEIJÃO	4
2.2 AVEIA PRETA	4
2.3 A FAUNA DO SOLO	5
2.4 MINHOCA	6
2.4.1 ALIMENTAÇÃO DA MINHOCA	7
2.4.2 MINHOCAS E O SISTEMA DO SOLO	10
2.4.3 MOVIMENTAÇÃO E DISPERSÃO	13
2.4.4 EXCREÇÕES	14
2.4.5 INFLUÊNCIAS NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO	15
2.4.5.1 POROSIDADE.....	16
2.4.5.3 MISTURA DE HORIZONTES.....	17
2.4.5.4 TEXTURA.....	17
2.4.5.5 ESTRUTURA.....	18
2.4.5.6 ESTABILIDADE DE AGREGADOS.....	18
2.4.5.7 INFILTRAÇÃO.....	19
2.4.6 INFLUÊNCIAS DAS MINHOCAS NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO	20
2.4.7 INOCULAÇÃO DE MINHOCAS NO SOLO	22
2.4.8 PRODUÇÃO DAS PLANTAS	23
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	25

3.1 MATERIAL	25
3.1.1 CLIMA E SOLO DO LOCAL DA PESQUISA	25
3.1.2 FEIJÃO	26
3.1.3 AVEIA	26
3.1.4 ADUBO E ESTERCOS	27
3.1.5 MINHOCAS	27
3.2 MÉTODOS	28
3.2.1 EXPERIMENTO, PREPARO DA ÁREA, INSTALAÇÃO E TRATAMENTOS	28
3.2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	30
3.2.3 AVALIAÇÕES	30
3.2.3.1 ANÁLISES QUÍMICAS DO SOLO.....	30
3.2.3.2 MESOFAUNA.....	30
3.2.3.3 MATÉRIA SECA.....	33
3.2.3.4 PRODUÇÃO DE GRÃOS.....	33
3.2.3.5 PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO.....	34
3.2.3.5.1 INFILTRAÇÃO DE ÁGUA	34
3.2.3.5.2 RESISTÊNCIA AO PENETRÔMETRO	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4.1 PARÂMETROS FÍSICOS	36
4.1.1 INFILTRAÇÃO DE ÁGUA	36
4.1.2 RESISTÊNCIA DO SOLO À AÇÃO DO PENETRÔMETRO DE MOLA	37
4.2 PARÂMETROS QUÍMICOS DO SOLO	40
4.3 MESOFAUNA EDÁFICA	49
4.4 PRODUÇÃO	54
4.4.1 MATÉRIA SECA	54
4.4.1.1 FEIJÃO:.....	54
4.4.1.2 AVEIA:.....	55
4.4.2 PRODUÇÃO DE GRÃOS	58
4.4.2.1 FEIJÃO:.....	58
4.4.2.2 AVEIA:.....	59

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	62
5.1 CONCLUSÕES:	62
5.2 RECOMENDAÇÕES	63
ANEXOS.....	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68

LISTA DE FIGURAS

1	CROQUIS MOSTRANDO O CANTEIRO DE CONFINAMENTO DAS MINHOCAS NOS TRATAMENTOS E REPETIÇÕES DA PESQUISA. GUARAPUAVA - PR, 1995	28
2	FUNIL DE BERLESE MODIFICADO	31
3	MESA DE EXPOSIÇÃO PARA MESOFAUNA EDÁFICA	32
4	RESULTADOS DA ANÁLISE QUÍMICA (H+AL), EXTRAÍDOS DA PRIMEIRA E SEGUNDA COLETAS E CROPÓLITOS. GUARAPUAVA - PR, 1995	47
5	RESULTADOS DA ANÁLISE QUÍMICA (K) EXTRAÍDOS DA PRIMEIRA E SEGUNDA COLETAS E CROPÓLITOS. GUARAPUAVA - PR, 1995	47
6	RESULTADOS DA ANÁLISE QUÍMICA (P) EXTRAÍDOS DA PRIMEIRA E SEGUNDA COLETAS E CROPÓLITOS. GUARAPUAVA - PR, 1995	48
7	RESULTADOS DA ANÁLISE QUÍMICA (C) EXTRAÍDOS DA PRIMEIRA E SEGUNDA COLETAS E CROPÓLITOS. GUARAPUAVA - PR, 1995	48
8	PESO SECO DE GRÃOS DE FEIJÃO (kg/ha) EM FUNÇÃO DO NÍVEL DE MINHOCAS INOCULADAS/m ² GUARAPUAVA - PR, 1995	58
9	PESO SECO DE GRÃOS DE FEIJÃO (kg/ha) EM FUNÇÃO DO TIPO DE ADUBAÇÃO. GUARAPUAVA - PR, 1995	59
10	PESO DE GRÃOS DE AVEIA (kg/ha) EM FUNÇÃO DO NÍVEL DE MINHOCAS INOCULADAS/m ² . GUARAPUAVA - PR, 1994	60
11	PRODUÇÃO DE GRÃOS SECOS DE AVEIA EM FUNÇÃO DO TIPO DE ADUBAÇÃO. GUARAPUAVA - PR, 1995.	61

LISTA DE TABELAS

1	RESULTADO DAS ANÁLISES DOS ADUBOS ORGÂNICOS. GUARAPUAVA -PR, 1995	27
2	ETAPAS DE TRABALHO DESENVOLVIDAS NO EXPERIMENTO. GUARAPUAVA - PR, 1995.	35
3	VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA APÓS ESTABILIZAÇÃO DE ACORDO COM OS NÍVEIS DE MINHOCAS INOCULADAS. GUARAPUAVA - PR, 1995	36
4	VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA APÓS ESTABILIZAÇÃO EM FUNÇÃO DO TIPO DE ADUBAÇÃO. GUARAPUAVA - PR, 1995	37
5	RESISTÊNCIA DO SOLO (MÉDIA) À AÇÃO DO PENETRÔMETRO DE MOLA EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE E NÍVEL DE MINHOCAS INOCULADAS. GUARAPUAVA - PR, 1995	38
6	RESISTÊNCIA DO SOLO (MÉDIA) À AÇÃO DO PENETRÔMETRO ATÉ 30 cm DE PROFUNDIDADE EM FUNÇÃO DO NÍVEL DE MINHOCAS INOCULADAS. GUARAPUAVA - PR, 1995	38
7	ÍNDICE DE CONE EM kPa ATÉ 30 cm DE PROFUNDIDADE EM FUNÇÃO DO NÍVEL DE MINHOCAS E DO TIPO DE ADUBAÇÃO. GUARAPUAVA - PR, 1995 ...	40
8	RESULTADOS MÉDIOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS, NO INÍCIO (1) E FINAL (2) DO EXPERIMENTO DE ACORDO COM CADA TIPO DE ADUBAÇÃO E NÍVEL DE MINHOCAS INOCULADAS. GUARAPUAVA - PR, 1995.	42
9	RESULTADOS (MÉDIOS) DAS ANÁLISES DO SOLO, DE ACORDO COM O NÍVEL DE MINHOCAS INOCULADAS, NO INÍCIO (1) E FINAL (2) DO EXPERIMENTO. GUARAPUAVA - PR, 1995	44
10	RESULTADOS (EM MÉDIA) DAS ANÁLISES DO SOLO, NO INÍCIO(1) E NO FINAL(2) DO EXPERIMENTO E DOS CROPÓLITOS DE ADUBAÇÃO(3). GUARAPUAVA - PR, 1995.	46
11	DENSIDADE POPULACIONAL DA MESOFAUNA (ind/m ²), NA IMPLANTAÇÃO DA PESQUISA, NO FINAL DO CICLO VEGETATIVO DO FEIJOEIRO E AVEIA. GUARAPUAVA - PR, 1994	49
12	NÚMERO E PERCENTAGENS DOS ORGANISMOS DA MESOFAUNA/m ² NO FINAL DO CICLO VEGETATIVO DO FEIJOEIRO E DA AVEIA, EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE MINHOCAS INOCULADAS. GUARAPUAVA - PR, 1994	50
13	PORCENTAGEM DOS ORGANISMOS DA MESOFAUNA/m ² NO FINAL DO CICLO VEGETATIVO DO FEIJOEIRO E DA AVEIA, EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE MINHOCAS INOCULADAS. GUARAPUAVA - PR, 1994	52
14	MÉDIAS E PERCENTAGENS DE ORGANISMOS DA MESOFAUNA/m ² NO FINAL DO CICLO VEGETATIVO DO FEIJOEIRO E AVEIA, EM FUNÇÃO DO TIPO DE ADUBAÇÃO. GUARAPUAVA - PR, 1995	53
15	PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DO FEIJOEIRO EM kg/ha EM FUNÇÃO DO NÍVEL DE MINHOCAS INOCULADAS/m ² . GUARAPUAVA - PR, 1994.....	54
16	PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DO FEIJOEIRO EM kg/ha EM FUNÇÃO DO TIPO DE ADUBAÇÃO. GUARAPUAVA - PR, 1994	55
17	PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA PARA AVEIA EM FUNÇÃO DO NÍVEL DE MINHOCAS INOCULADAS. GUARAPUAVA - PR, 1995	55
18	PESO DA MATÉRIA SECA DA AVEIA EM kg/ha EM FUNÇÃO DO TIPO DE ADUBAÇÃO. GUARAPUAVA - PR, 1994	56

RESUMO

O presente estudo visou investigar o efeito da atividade do Oligochaeta Amyntas spp., (minhoca louca) num latossolo bruno álico no município de Guarapuava - PR, em solos isentos destes animais, usando 90, 60 e 30 minhocas/m² e testemunha, fertilizando com adubo químico, esterco bovino, ovino e misto (bovino+ovino+palha) e testemunha, no período de um (01) ano (janeiro de 94 a janeiro de 95). Verificou-se as influências das minhocas nas propriedades físicas (velocidade de infiltração da água e à ação do penetrômetro de mola) um ano após a inoculação. As influências químicas das minhocas foram avaliadas tanto na implantação da pesquisa, como após um ano da inoculação, através da análise química de rotina do solo. As influências biológicas das minhocas foram avaliadas no início do experimento, após colheita do feijão e da aveia. As investigações conduzidas nestas condições evidenciaram a produção de grãos e massa seca do feijão e aveia. Verificou-se que a infiltração da água apresentou maior velocidade com 90 minhocas inoculadas/m², não havendo diferença significativa no nível de 5% de probabilidade entre os demais níveis de minhocas inoculadas. A resistência à ação do penetrômetro de mola foi menor com 90 minhocas inoculadas/m², mas também não apresentou diferença significativa entre os demais níveis de minhocas. Com relação às influências químicas, houve um aumento na concentração de K e diminuição dos teores de C no final do experimento. Já os resultados das análises químicas dos cropólitos, quando comparados com os resultados do início e final do experimento, apresentou valores de concentração de P, K e C muito maior. Embora não apresentando diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os diferentes níveis de minhocas inoculadas, os rendimentos mais elevados de produção de grãos e matéria seca da parte aérea foram obtidos com o nível de 90 minhocas inoculadas/m². Isto pode ser devido ao fato do melhoramento das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo onde as minhocas foram inoculadas.

ABSTRACT

Effect of activity of *Oligochaeta Amynthes* spp. (*minhoca louca*) on production of beans (*Phaseolus vulgaris* - FT 120) and of black oat (*Avena strigosa* var. Canton), with relation to some soil physical, chemical and biological properties of the soil.

The present study had the objective to evaluate the effect of the activity of the *Oligochaeta Amynthes* spp. in a worm free allic brow latisol in Guarapuava - PR. 90, 60, 30 and 00 earthworm/m², fertilization with chemical fertilizer, bovine, ovine and mixed (bovine + ovine + straw) manure and no manure, were used for the experiment during one year (Jan. 94 to Jan. 95). The worms' physical influences, such as velocity of infiltration and resistance to the penetration were checked one year after inoculation. The worms' chemical influences were evaluated both at the beginning and the end of the experiment. Furthermore, the worms' biological ones were evaluated at the beginning of experiment and just after harvest of beans and oats. It was observed that the infiltration rate was highest in the 90 earthworms/m² area with no significant difference among the treatments. The resistance was lower at the 90 earthworms/m² level with no significant difference. There were an increase of the K concentration and a decrease of the C concentration at the end of experiment. Besides, the concentrations of P, K and C in the casts were much larger than those in the soil. The best productions of the grains and dry matter of the beans and oat were obtained in the 90 worms/m² area, although no significant differences were found among the other treatments. This could be due to the development of soil physical, chemical and biological properties with the earthworm inoculation.

1. INTRODUÇÃO

A atividade humana provoca profundas mudanças no sistema do solo e a sua intensidade varia com o grau de distúrbio causado (ALMEIDA, 1985). A tecnologia na agricultura é normalmente baseada no consumo de corretivos, fertilizantes e agroquímicos utilizados na produção agrícola, associados à mecanização. Essas tecnologias introduzem mudanças significativas nas características físicas, químicas e biológicas do solo (LAL, 1988; RAUEN, 1991; PAULETTI et al., 1991; PIZL, 1992).

A degradação dos solos nos trópicos pode ser atribuída à redução drástica na diversidade e atividade da fauna do solo (EHLERS 1975; AINA, 1984; LAL, 1988; PIZL, 1992). A perda da matéria orgânica está normalmente associada com a degradação da estrutura do solo. Raízes vivas produzem polímeros mucilaginosos que contribuem para a formação dos agregados dos solos e quando elas morrem servem de substrato para os microrganismos, produzindo polissacarídeos, mucopolissacarídeos e substratos húmicos para o metabolismo microbiano, sendo estes considerados como ligação ativa nos componentes do solo em agregados estabilizados (HAYES, 1983).

A agricultura brasileira de um modo geral tem sido uma atividade "predatória" em termos de conservação do solo. A euforia por lucros imediatos não permite ao agricultor racionalizar a atividade agropecuária, como meio de garantir a sobrevivência das gerações futuras (MONDARDO, 1984).

O conceito de que solos que possuem minhocas são férteis e a crescente popularização da vermicompostagem, o uso de adubos

verdes e o plantio direto são fatores de um processo que marca a progressiva incorporação de práticas ecológicas pela agricultura comercial. Darwin foi o primeiro cientista a mostrar que as minhocas afetam o desenvolvimento e a formação dos solos. Sua conclusão foi uma clara afirmação dos efeitos benéficos das minhocas sobre a fertilidade do solo e desde esta época uma grande quantidade de literatura foi publicada sobre este assunto, e a função da minhoca no solo está se tornando mais clara.

Hoje, grandes comunidades de minhocas estão sendo drasticamente modificadas ou destruídas pelas práticas da agricultura convencional e poluição ambiental (LAVELLE, 1988). Há necessidade de avaliar as funções das minhocas com precisão, a fim de que sejam protegidas. Parece especialmente importante a avaliação das funções a curto e a longo prazo ou responder à pergunta: Quando as minhocas desaparecerem, quanto tempo levará antes que mudanças significativas ocorram na estrutura do solo e no ciclo de nutrientes? (LAVELLE, 1988). A introdução de populações de minhocas melhor adaptadas para modificarem as condições do solo em ambientes cultivados (pastagens ou lavouras tropicais) e a sua preservação em sistemas não cultivados está sendo adotada de modo crescente. É necessário determinar as utilidades destas práticas e a melhor forma de implementá-las (LAVELLE, 1988). Ao mesmo tempo, não há trabalhos sobre inoculação de minhocas no solo e produção de feijão e aveia preta.

A conservação do solo pode ser alcançada somente no momento em que se conseguir a utilização da terra de forma equilibrada, com a convivência harmoniosa entre o homem e o meio ambiente (MONDARDO, 1984).

OBJETIVOS:

- Verificar a influência da população da minhoca (Amyntas spp., 1867) no crescimento e produção de feijão (Phaseolus vulgaris L.) e aveia preta (Avena strigosa Scrb).
- Quantificar os parâmetros químicos do solo relacionado aos diferentes níveis de minhocas inoculadas a campo.
- Avaliar a mudança na população de minhocas e mesofauna do solo em função do esterco e da população de minhocas.
- Comprovar a influência das minhocas na infiltração de água e descompactação do solo.

HIPÓTESE DE TRABALHO: A atividade da minhoca louca Amyntas spp não modifica as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 FEIJÃO

O hábito do consumo de feijão pela família brasileira, em todos os níveis sociais da população, associado à ampla adaptação climática, fez com que esta cultura fosse distribuída por todo o território nacional. Desta forma, o feijão representa a principal fonte de proteína das populações de baixa renda, sendo um produto de destacada importância nutricional, econômica e social (VIEIRA, 1988).

O feijão (Phaseolus vulgaris L.) pertence à família Leguminosae, tendo como origem o continente americano. Os maiores produtores mundiais são também os maiores consumidores. Praticamente 64% da produção mundial está concentrada nos seguintes países: Índia, Brasil, China, EUA e México. Logo, com exceção dos EUA, é uma cultura típica de países subdesenvolvidos. A produtividade média brasileira no ano de 1994 foi de 607 kg/ha. A média paranaense, 838 kg/ha. Em Guarapuava foi de 650 kg/ha. (DEMARCHI, 1994).

2.2 AVEIA PRETA

A aveia preta (Avena strigosa Scrb) da família Gramineae, é mais utilizada na alimentação animal, sob a forma de forrageira, fenação ou silagem (LANG, 1978). Apesar do baixo rendimento e valor comercial dos grãos, ela tem a vantagem de ser mais resistente ao pisoteio e às doenças e pouco exigente em relação à

fertilidade do solo. Também é usada para cobertura do solo no período de inverno, contribuindo para o controle da erosão e é grande produtora de matéria seca, possibilitando a implantação de culturas de verão através do plantio direto. Em Guarapuava, concentra-se a maior área plantada no estado, com alta tecnologia e produtividade média de 1980 kg/ha, acima da média estadual que é de 1083 kg/ha (DEMARCHI, 1994).

2.3 A FAUNA DO SOLO

Os insetos terrestres, que contribuem para a degradação e incorporação da matéria orgânica no solo, são numerosos e agem pela transposição, ou pela digestão (PRIMAVESI, 1987). Destacam-se as formigas e térmitas, onde alguns gêneros coletam folhas e misturam horizontes. Os miriápodes e isópodes digerem a matéria orgânica e acumulam os seus dejetos no solo, alimentando-se da camada de vegetais em decomposição, triturando-a mecanicamente. Há espécies adaptadas para cavar ou viver junto à superfície. Os gastrópodes se alimentam de fungos e resíduos vegetais mortos, podendo atacar plantas vivas. São considerados recoletores, pois transformam a matéria orgânica em excrementos macerados e digeridos, facilmente aproveitáveis pelos microrganismos.

Os ácaros e colembolos são os mais abundantes em muitos solos, alimentam-se de restos vegetais, fungos e outros microrganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, realizando uma decomposição lenta (KIEHL, 1985; PRIMAVESI, 1987). Formam macroporos de 100 μ m de diâmetro nos horizontes minerais. Em solos com bom teor de matéria orgânica, estes microartrópodes e muitas larvas de insetos que passam um

período de vida no solo, formam agregados fecais de 30 a 1000 μ de diâmetro, podendo influir nos horizontes superficiais, onde as minhocas estão ausentes. (PAWLUK¹; RUSEK², citados por ANDERSON, 1988).

As minhocas são responsáveis pela movimentação de terra, abrindo canais que permitem a entrada de ar, arejando o solo (KIEHL, 1985; ANDERSON, 1988). Os solos onde elas vivem, são normalmente influenciados pela sua escavação e hábitos alimentares (REEST e ROGAAR, 1988; POP et al., 1992). Elas são mais ativas nos trópicos úmidos e subúmidos, onde são as maiores responsáveis pelas alterações físicas, químicas e biológicas (AINA, 1984; SPRINGETT, 1985; LAL, 1988), por meio de abertura de galerias e liberação de fezes e excreções. (SHIPITALO e PROTZ, 1988).

2.4 MINHOCA

Um dos seres de maior importância para o solo é a minhoca. Segundo STORER (1991), as minhocas pertencem ao Filo Annelida, com corpo constituído de muitos segmentos ou metâmeros, essencialmente semelhantes entre si e em forma de anel. Esta segmentação geralmente tem uma correspondência interna, incluindo músculos, nervos e órgãos circulatórios, excretor e reprodutor. O sucesso desses animais baseia-se no fato de possuírem corpo mole, no qual o grande celoma cheio de líquido funciona como esqueleto hidrostático. Tem corpo longo e cilíndrico, ligeiramente afinado em ambas as extremidades. O lado ventral é achatado e mais pálido

¹ - PAWLUK, S. Soil micromorphology and soil fauna: problems and importance. Quaest. Entomol., v. 21, p. 473-496, 1985.

² - RUSEK, J. Soil microstructures - contributions of specific soil organisms. Quaest. Entomol., v. 21, p. 497-514, 1985.

que a superfície dorsal. Não há cabeça distinta e a boca encontra-se no primeiro segmento, recoberta por um lobo carnosos, o prostômio e o ânus verticalmente oval, no último segmento.

O clitelo é uma dilatação glandular, que secreta materiais para formação dos casulos, que conterão os ovos. Na superfície do corpo notam-se diminutas cerdas filiformes, que podem ser movidas em qualquer direção e estendidas ou retraídas por músculos, servindo como instrumento de fixação e movimentação. Existem aberturas diminutas, destacando-se os poros dorsais ou nefridióporos, que são responsáveis pela lubrificação do corpo do animal e excreção (STORER, 1991).

A importância da minhoca, na agricultura está relacionada à mobilização de nutrientes, à melhoria da estrutura e à ativação da microvida do solo (LAVELLE, 1988).

Nos solos do Brasil geralmente existem poucas minhocas, pois não suportam insolação direta, queimadas, capinas, solos compactados e nus. No entanto, aparecem em todos os solos cobertos se existir um mínimo de P, Ca e umidade. (PRIMAVESI, 1987).

2.4.1 ALIMENTAÇÃO DA MINHOCA

A escolha do alimento de um animal é obviamente determinada pela sua capacidade de digestão, disponibilidade, qualidade e habilidade em procurá-lo (SILVEIRA NETO et al., 1976). O sistema do solo oferece uma variedade de recursos que diferem essencialmente na sua disponibilidade e distribuição pelo tempo e espaço. As principais fontes de alimentos são folhas da liteira, raízes mortas, reservas húmicas do solo e, esporadicamente, fontes como exudatos radiculares, lixiviados e percolados da cobertura morta, micro e mesorganismos vivos (SATCHELL, 1983), e mortos

(LAVELLE, 1988; EDWARDS e FLETCHER 1988; TIWARI e MISHRA, 1993). Resíduos de folhas podem ser considerados como fonte principal de alimento, pois é relativamente abundante em carboidratos assimiláveis e pobre em lignocelulose, tendo distribuição favorável no tempo e espaço. Existem variações consideráveis entre espécies na escolha do alimento (LAVELLE, 1988). São animais onívoros, podendo haver canibalismo ao ingerir partículas do solo (LAVELLE³ citado por LAVELLE, 1988), embora haja predação de nematóides (YATES⁴, citado por LAVELLE, 1988) e bactérias (PARLE⁵ citado por LAVELLE, 1988). A presença de quitinases, lipases, proteases, amilases, celulasas e carboidrases produzidas por elas ou pela microflora, fortalecem a probabilidade de que os fungos, bactérias e outros organismos do solo são significantes na dieta destes animais (PIEARCE, 1978; COOKE, 1983; LEE, 1985; EDWARDS e FLETCHER 1988). As algas também são importantes em sua dieta (PIEARCE, 1978). As minhocas podem viver em culturas individuais de certas bactérias, protozoários e fungos, mas desenvolvem-se melhor tendo como dieta vários microrganismos (EDWARDS e FLETCHER 1988), preferindo restos de vegetais e animais, principalmente de herbívoros (RIGHI, 1989).

De um modo geral, não há possibilidade de atacar restos orgânicos duros, não putrefatos. Preferem um preliminar amolecimento e determinadas partes dos restos dos vegetais, ingerindo assim a epiderme e o parênquima em detrimento às nervuras das folhas ou casca de caule (RIGHI, 1989). Espécies como

³ - LAVELLE, P. Un Ver de terre carnivore des savanes de la moyenne Côte d'Ivoire Agastrodrilus dominicae nov. sp. (Oligochetes, Megascolecidae). Rev. Ecol. Biolol. v. 18, p. 253-258, 1981.

⁴ - YATES, G. W. Soil nematode populations depressed in the presence of earthworms. Pedobiologia, Jena, v. 22, p. 191-195, 1981.

⁵ - PARLE, J. N. Microorganisms in the intestines of earthworms. J. Gen. Microbiol. v. 31, p. 1-11, 1963.

a Lumbricus terrestris, Lumbricus castaneus e Lumbricus rubellus preferem a matéria orgânica intacta (PIEARCE, 1978; EDWARDS e FLETCHER 1988). Já a Eisenia fetida prefere a matéria orgânica em adiantado estado de decomposição (EDWARDS e FLETCHER 1988), ou "in natura" (HAND et al., 1988). A Alollobophora caliginosa, tem preferência pela matéria orgânica fragmentada e intimamente misturada com o solo (PIEARCE, 1978; EDWARDS e FLETCHER 1988). Existem ainda as que preferem a celulose contaminada com fungos, revelando que a palatabilidade pode ser influenciada pela natureza e espécies de fungos. As preferências não são influenciadas pelos níveis de polifenóis, nitrogênio ou carbono no fungo, mas pela quantidade de fungos, concentração de cálcio e umidade do alimento (COOKE, 1983).

As raízes vivas, quando comparadas com os resíduos de folhas, apresentam mais material solúvel e maior conteúdo de lignocelulose. Entretanto, ZAIDI⁶ citado por LAVELLE (1988), demonstrou que raízes (em decomposição) dos capins das savanas africanas são fontes de menor qualidade para a espécie Millsonia anomala, do que o material equivalente de folhas e até a matéria orgânica do solo dos dez cm de sua camada superior. Isso pode explicar por que a rizofagia é incomum, principalmente entre as espécies tropicais (LAVELLE, 1988).

ZOU (1993), trabalhando no Hawái com Eucalyptus saligna SM. e Albizia falcatra L. puras e a mistura das duas culturas (75 e 25% respectivamente), após nove anos encontrou 92, 469 e 281 minhocas/m² de Pontoscolex corethrurus e Amyntas gracilis, mesmo que as folhas de eucalipto tenham apresentado uma maior biomassa

⁶ - ZAIDI, Z. Recherches sur les modalités de l'interdépendance nutritionnelle entre vers de terre et microflore dans la savane guinéenne de Lamto (Côte d'Ivoire): Esquisse d'un système interactif. PhD Thesis, Paris XI, 1985.

que a da albizia, indicando que a qualidade do alimento é o fator mais importante para a maior população. A vegetação pode afetar a população de minhocas, diretamente pela adição de liteira, lixiviados no perfil, indiretamente pelas alterações nas propriedades físicas e químicas dos solos (BOETTCHER e KALISZ, 1991).

2.4.2 MINHOCAS E O SISTEMA DO SOLO

De acordo com a fonte de alimento e capacidade de exploração do ambiente, as minhocas podem ser agrupadas em categorias funcionais, que diferem essencialmente na morfologia, tamanho, pigmentação, distribuição no perfil do solo, habilidade em abrir galerias, fundir superfície, relações com a fauna e flora do solo (RIGHI, 1989). Algumas espécies vivem em condições ambientais adversas, com períodos de atividades limitadas e alta mortalidade, equilibrando-se através de altos níveis de reprodução. Elas sobrevivem usando recursos de alta qualidade e, sendo pequenas, têm uma atividade metabólica elevada nos períodos favoráveis. Não perfuram o solo, vivendo na liteira, ou no solo logo abaixo, denominadas de minhocas epigeicas segundo BOUCHÉ⁷, espécies de superfície segundo GRAFF⁸, ou espécies de liteira segundo LEE⁹, todos citados por LAVELLE (1988). Estão envolvidas na trituração da palha e a reutilização da matéria orgânica decomposta. O material triturado pode mover-se no perfil do solo pelo fluxo de água, pela gravidade, dispersa na superfície pelo vento, mas não

⁷ - BOUCHÉ, M. B. *Stratégies Lombriciennes*. Ecol. Bull., Stockh, v. 25, p. 122-132, 1977.

⁸ - GRAFF, O. *Die Regenwurmer Deutschlands*. Schr Forsch Landwirtsch Braunschweig Volkenrode. v. 7, p. 1-81, 1953.

⁹ - LEE, K. E. *The earthworm fauna of New Zealand*. N. Z. Dept. Sci. Ind. Res, Bull 130, 1959.

redistribuídas ativamente por estes animais (ANDERSON, 1988). Outras espécies habitam o solo alimentando-se da liteira, mas vivem em tocas, tendo musculatura anterior forte para cavar, o que lhes permite construir e manter sistemas de galerias extensas, sendo denominadas minhocas anécicas (BOUCHÉ¹⁰, citado por LAVELLE, 1988). Elas transportam a matéria orgânica e mineral entre os horizontes do solo (ANDERSON, 1988). Há espécies que vivem dentro do solo, onde encontram condições favoráveis e amenas. Como abrem galerias, influenciam na porosidade, estrutura dos agregados e complexação argila-húmus do solo. Não transportam ativamente material orgânico e mineral entre horizontes (ANDERSON, 1988). São denominadas de endogeicas, e a qualidade dos recursos alimentares é mais baixa e concentrada em direção à superfície do solo e ao redor das raízes, usando estratégias seletivas associadas com os perfis demográficos (BOUCHÉ¹⁰, citado por LAVELLE, 1988).

O crescimento e a reprodução das minhocas que vivem de fonte pobre em matéria orgânica ou matéria orgânica pobre, parece ser possível somente com um elevado nível de ingestão, já que muito da energia assimilada deverá ser gasto na atividade mecânica e produção de muco. Algumas espécies como Millsonia anomala, podem ingerir de 20 a 30 vezes o seu próprio peso em alimento por dia (LAVELLE, 1988). A matéria orgânica do solo pode ser considerada uma fonte pobre de alimento para as minhocas, pois está dispersa na matriz mineral do solo e tem até 75% de moléculas grandes complexadas a húmus, que são freqüentemente ligadas com partículas de argila (LAVELLE, 1988).

A digestão das minhocas aumenta a humificação e mineralização da matéria orgânica (STOUT, 1983), devido à produção

¹⁰ - BOUCHÉ, M. B. *Stratégies Lombriciennes*. Ecol. Bull., Stockh, v. 25, p. 122-132, 1977.

enzimática e mobilização de nutrientes (LAVELLE, 1988; MARINISSEM e RUITER, 1993). Em pastagens da Nova Zelândia, O'BRIEN e STOUT (1978) estimaram que o fluxo anual de carbono pode ser aumentado de 300 a 1000 Kg / ha/ ano com a introdução de minhocas e a média do tempo de residência dos compostos orgânicos diminui de 180 para 67 anos. Em altitudes maiores, promove a redução da humificação e o aumento da mineralização, justificado pela melhor atividade dos microrganismos habitantes dos solos onde as minhocas se encontram presentes (TEMIROV e VALIAKHMEDOV, 1988).

A atividade da minhoca é reduzida em períodos de estiagem ocasionais ou sazonais e/ou baixas temperaturas. O crescimento e a reprodução só são possíveis se for utilizada uma fonte de alimento de melhor qualidade (LAVELLE, 1988). O efeito desta estiagem é comparável ao frio, pois o tempo disponível para a atividade e a alta mortalidade durante estes períodos tem que ser equilibrados com o uso de fontes de alimento de melhor qualidade. Como consequência, nos trópicos, conforme a estiagem se estende, as minhocas epigeicas e posteriormente as anécicas, tendem a desaparecer (LAVELLE, 1988). As baixas temperaturas e as estiagens prolongadas são os principais fatores determinantes dos movimentos em direção a limites de profundidade (GERARD¹¹, citado por LAVELLE, 1988). A água é essencial às minhocas, que tem respiração cutânea e devem extraí-la do alimento, para manter sua pressão hidrostática em níveis que permitam sua locomoção (LAVELLE, 1988).

Os adubos químicos provocam redução na população de minhocas, principalmente pela redução da disponibilidade de alimentos. Já adubos químicos (NPK), em combinação com adubo orgânico, aumentaram a população, a biomassa e a produção de

¹¹ - GERARD, B. M. Factors affecting earthworms in pastures. J. Anim. Ecol., v. 36, p. 235-252, 1967.

cropólitos (TIWARI, 1993).

Quando chove muito, as minhocas tendem a sair para a superfície do solo, devido à insuficiência de O_2 , onde acabam morrendo pela ação dos raios ultravioleta (PEREL, 1977; MEINICKE, 1988).

2.4.3 MOVIMENTAÇÃO E DISPERSÃO

A presença de fortes cerdas e a redução na espessura do clitelo podem aumentar a eficiência de sua locomoção (LAVELLE, 1988). A habilidade em movimentar-se no solo e o efeito resultante sobre a estrutura do mesmo varia de acordo com suas categorias ecológicas. Espécies epigeicas apenas se arrastam entre as folhas mortas e gravetos. Já as endogeicas vão formando seu caminho dentro do solo, deixando às vezes galerias sub-horizontais abertas, ou simplesmente preenchendo-as com seus cropólitos. As espécies anécicas constroem sofisticado sistema de galerias, onde permanecem a maior parte de sua vida (LAVELLE, 1988).

Os movimentos das minhocas são bastante rápidos e envolvem a mínima perda de energia, quando o meio é úmido ou poroso. No entanto, as espécies que vivem ativamente dentro do solo tem maior desgaste e são mais dependentes de água (RIGHI, 1989). Pela sua mobilidade limitada, geralmente elas são incapazes de colonizarem novos ambientes. Algumas espécies peregrinas podem se dispersar mais eficientemente pelas propriedades demográficas favoráveis do que pela habilidade de locomoção, tendo como favorecimento a reprodução partenogenética e o aumento da dispersão passiva, através do desenvolvimento de casulos resistentes à seca, salinidade ou enxurradas (LAVELLE, 1988; RIGHI, 1989).

As populações geralmente são interrompidas na sua progressão

por pequenas barreiras, como rios, disposição de morros, montanhas e mudanças climáticas. Em consequência, as espécies encontradas em um determinado ecossistema não são necessariamente as que melhor se adaptam àquele tipo de ambiente. Contrariamente, a modificação do ecossistema pelo homem pode resultar no desaparecimento de populações nativas, que não podem ser adaptadas às novas condições. Nesses casos, espécies de minhocas melhor adaptáveis devem ser recolocadas, uma vez que a recolonização natural é sempre lenta e difícil, se é que é possível (LAVELLE, 1988).

2.4.4 EXCREÇÕES

As excreções das minhocas são denominadas de "casts" ou comumente cropólitos, sendo excretadas como uma pasta saturada, pobremente aerada devido ao muco, porém rica em amônia e matéria orgânica parcialmente digeridas (SATCHELL, 1983). As quantidades excretadas não são constantes, variando com a espécie, estação do ano e tipo de solo (LAVELLE, 1988), podendo ser depositadas na superfície ou próximo a ela. Os cropólitos depositados na superfície tem diferentes formas, tamanho, estrutura, composição e o seu papel ou significado conseqüentemente pode diferir significativamente. Isto é importante para fazer a distinção entre cropólitos esféricos constituídos de aglutinados redondos ou unidades achatadas e as de forma granulares, constituídos da acumulação de "pelets" de fina textura (LEE, 1985).

Muitas espécies tropicais fazem seus depósitos de cropólitos durante vários dias no mesmo lugar, construindo estruturas tipo torres (pilhas de 5 a 10 cm de altura) que são comuns nas

florestas tropicais da África (NYE¹², citado por LAVELLE, 1988), e em muitas outras regiões tropicais (LEE, 1985).

A produção anual total de cropólitos pode chegar de 20 a 30 kg/ m² (SHARPLEY e SYERS, 1977), em ambientes diversos como nas pastagens temperadas (GRAFF¹³ citado por LAVELLE, 1988), ou savanas úmidas africanas (KOLLMANNSPERGER¹⁴ citado por LAVELLE, 1988). Entretanto, os valores mais comuns são de 1 a 5 kg/ m² (LEE, 1985).

Os cropólitos são pobres em argila e ricos em matéria orgânica, nitratos, fósforo, cálcio, magnésio, alta CTC, alto V% e elevada porcentagem de umidade (MINNICH, 1977; REDDY, 1983; KIEHL, 1985; HULUGALLE e EZUMAH, 1991; SPAIN et al., 1992). O seu pH é mais elevado que o do solo, mesmo em solos ácidos (REDDY, 1983) devido à excreção de calcita pelas glândulas calcíferas (SATCHELL, 1983). Em relação à textura, tem uma porção maior de argila (LEE, 1985; ANDERSON, 1988; SIMEK e PIZL, 1989), e silte (ANDERSON, 1988; HULUGALLE e EZUMAH, 1991), um menor teor de areia (LAL, 1988; ANDERSON, 1988; HULUGALLE e EZUMAH, 1991) e um maior teor de sais minerais e matéria orgânica que o solo ao redor (LEE, 1985).

2.4.5 INFLUÊNCIAS NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO

O entendimento dos efeitos das minhocas nas propriedades físicas do solo está em determinar a exata localização de suas

¹² - NYE, P. H. Soil-forming processes in the humid tropics. IV: The action of the soil fauna. J. Soil Sci. v. 6, p. 51-83, 1955.

¹³ - GRAFF, O. Stickstoff, Phosphor und Kalium in der Regenwurmlosung auf der Wiesenversuchsfläche des Sollingprojekts. Ann. Zool. Ecol. Anim., Spec. Publ., v. 4, p. 503-512, 1971.

¹⁴ - KOLLMANNSPERGER, F. Lumbricidae of humid and arid regions and their effect on soil fertility. In: 6th Congr. Int. Sci. Soil, p. 293-297, 1956.

atividades nos horizontes dos solos e os fatores que determinam seus movimentos (LAVELLE, 1988).

2.4.5.1 POROSIDADE

As minhocas sozinhas tem pouco efeito, mas combinadas com as plantas, principalmente gramíneas, aumentam a proporção de pequenos e médios poros (0,30 a 0,66 mm) a uma profundidade de 5 cm em vasos (MCCOLL et al., 1982).

Os poros maiores influenciam a infiltrabilidade da água (EHLERS, 1975; EDWARDS e FLETCHER, 1988), aeração (KOBIYAMA, 1994) e penetração das raízes. Os poros médios e pequenos formados nos cropólitos, influenciam a capacidade de retenção de água (SYERS e SPRINGETT, 1983; ZACHMAN et al., 1987; EDWARDS et al., 1988; HULUGALLE e EZUMAH, 1991; NUUTINEN, 1992; KNIGT et al., 1992; JOSCHKO et al., 1992; EDWARDS et al., 1992). Essas características são importantes para o sistema radicular (SYERS e SPRINGETT, 1983). A porosidade total dos cropólitos é de 20 a 40% maior que o solo de origem (LAL e AKINREMI, 1983).

Em solos compactados, constroem seus canais pela ingestão do solo a sua frente, mostrando que a sua abertura independe da compactação, pois a pressão do fluido celomático da minhoca é de aproximadamente 0,45 kPa (DEXTER, 1978).

2.4.5.2 DENSIDADE

A espécie de minhoca Millsonia anomala, que vive nos primeiros 10 cm, aumentou a densidade do solo. Isto pode estar associado à reorganização das partículas minerais após ingestão e retratação do muco, durante o trânsito intestinal (BLANCHART, 1992).

MCCOLL et al., (1982) observaram uma redução da densidade dos cropólitos, a 5 cm de profundidade em vasos. Sua densidade é de 12 a 17% menor que a do solo ao redor (LAL e AKINREMI, 1983).

2.4.5.3 MISTURA DE HORIZONTES

As espécies Alollobophora caliginosa e Lumbricus rubellus, misturam o calcário no solo lateralmente, enquanto a espécie Alollobophora longa, mistura-o verticalmente (SPRINGETT, 1983; AINA, 1984; LAL, 1988). A habilidade em misturar horizontes, depende de cada espécie e das propriedades físicas dos cropólitos, que são diferentes das dos solos (LAL, 1988).

As minhocas ingerem e digerem restos culturais, criando horizontes e um sistema de canalização para o sistema radicular, fertilizam e refertilizam o solo em plantio direto (KNAPPER, 1984).

2.4.5.4 TEXTURA

As minhocas afetam a textura do solo positivamente para as plantas (TEMIROV e VALIAKHMEDOV, 1988). Em alguns casos, podem ter efeito negativo, quando há mistura excessiva do solo, fazendo com que estruturas se tornem frágeis ou quando os cropólitos são

depositados na superfície, em finas camadas, sendo facilmente levados pelas chuvas (LEE, 1985).

2.4.5.5 ESTRUTURA

A importância das minhocas na estrutura do solo é de conhecimento antigo (DEXTER, 1978). A atividade mecânica das minhocas sobre esta é promovida e alterada por quatro meios: porosidade, aeração, dinâmica da água e estabilidade das estruturas (EDWARDS, 1983; VOSS, 1986; PASHANASI et al., 1992), que afetam a formação dos horizontes (VOSS, 1986), pela ingestão de pequenas partículas e pela deposição na superfície como cropólitos, podendo variar de 0,25 a 0,50 mm/ ano na Inglaterra e a 2 mm/ano nas savanas do Lamto, Costa do Marfim (LAVELLE, 1988).

2.4.5.6 ESTABILIDADE DE AGREGADOS

A estabilidade dos agregados é consequência da intensa mistura de partículas orgânicas e inorgânicas e juntamente com a presença de secreções de mucopolissacarídeos, promovem uma melhor cimentação (SYERS e SPRINGETT, 1983). A maior estabilidade dos agregados (TEMIROV e VALIAKHMEDOV, 1988; WEST et al., 1991), é devido à passagem do bolo alimentar pelo tubo digestivo pela soldadura mecânica dos restos de plantas ou pelo crescimento de hifas dos fungos (SATCHELL, 1983). Os componentes estabilizados também são originados pelos microrganismos que proliferam nos materiais ingeridos, onde são cimentados pelo humato de cálcio, formado pela matéria orgânica ingerida e a calcita excretada pelas glândulas calcíferas (SATCHELL, 1983), dando material agregado de alta estabilidade (ALMEIDA, 1985).

As mudanças internas no solo pela atividade dos metabólitos das minhocas, são observadas no plasma do solo (material mineral e orgânico de tamanho coloidal) e no esqueleto (partículas maiores que 20 μm). As partículas separadas do esqueleto, incluindo a calcita pela passagem pelo canal alimentar, podem ser agrupadas e quimicamente transformadas, aparecendo nos cropólitos como nódulos. O muco ou gel sofrem com o passar do tempo um processo de semicristalização de Fe, Al, óxidos de cálcio e silício (POP et al., 1992).

2.4.5.7 INFILTRAÇÃO

Aumentam a infiltração de água no solo (EHLERS, 1975; YATES, 1976; VOSS, 1986; WEST et al., 1991; NUUTINEN, 1992). A introdução de minhocas em solos isentos destes animais, aumentou em até 110% a porosidade total do solo (HOEKSEMA et al.¹⁵ e STOCKDILL¹⁶, citados por LAVELLE, 1988). Aumentou também a condutividade hidráulica saturada até 20% e a infiltração em 40% (VAN DER RHEE¹⁷ e STOCKDILL¹⁶ citados por LAVELLE, 1988).

¹⁵ - HOEKSEMA, K. J.; JONGERIUS, A. On the influence of earthworms on the soil structure in mulched orchards. In: Proc. Int. Symp. Soil Structure. Ghent, p. 188-194, 1958.

¹⁶ - STOCKDILL, S. M. J. The effects of earthworms on pastures. Proc. N. Z. Ecol. Soc., v. 13, p. 68-75, 1966.

¹⁷ - VAN RHEE, J. A. Inoculation of earthworms in a newly drained polder. Pedobiologia, v. 9, p. 133-140, 1969.

2.4.6 INFLUÊNCIAS DAS MINHOCAS NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO

As minhocas aceleram a decomposição da matéria orgânica, não pela ação enzimática do seu trato digestivo, mas pela atividade da microflora do solo e a ação física da mistura no substrato (CHESHIRE e GRIFFTHS, 1989; MARINISSEN e RUITER, 1993), transformando a alta relação C/N em baixa (VOSS, 1986) e o excesso de carbono é perdido na respiração (SYERS e SPRINGETT, 1983; KIEHL, 1985), misturando a matéria orgânica mais intimamente e com isso incrementando a ação de microrganismos (VOSS, 1986).

A presença de glândulas calcíferas eleva o pH do solo nas camadas superficiais, promovendo conseqüente solubilidade de vários nutrientes essenciais para os vegetais (MINNICH, 1977).

O aumento da atividade da nitrogenase, associada diretamente com a espécie Lumbricus rubellus, indica a presença de N_2 fixado por bactérias na superfície do seu corpo e/ou no intestino. O mesmo foi verificado nos cropólitos de Aporrectodea caliginosa, pela redução do acetileno (SIMEK e PIZL, 1989) e nos cropólitos de Lumbricus terrestris (HEINE e LARINK, 1993). Nos cropólitos de Alollobophora caliginosa, foi observada grande atividade da fosfatase, resultando num aumento do P inorgânico, liberado pela mineralização do P orgânico (SATCHELL e MARTIN, 1984).

O efeito da fertilização dos cropólitos depende da atividade dos metabólitos microbianos, principalmente os reguladores de crescimento (TOMATI et al., 1988), facilitando a transferência de N e P para a biomassa microbiana do solo e das raízes (SPAIN et al., 1992). As minhocas anécicas (SHARPLEY e SYERS, 1977) e as endogeicas (SPAIN et al., 1992), promovem aumento de P disponível (MACKAY et al., 1982).

Os cropólitos, urina e muco contém N mineral e orgânico

(MARINISSEN e RUITER, 1993). O muco intestinal de Pontoscolex corethrurus, contém aproximadamente 3% de N (LAVELLE, 1988). A amônia, uréia e possivelmente o ácido úrico são excretados para o exterior pelos nefridióporos (EDWARDS¹⁸ citado por HAYES, 1983).

HEINE e LARINK (1993), verificaram um aumento na concentração de P, num solo tratado com palha de milho e este aumento variou de acordo com o aumento de temperatura (de 8 para 13°C). O mesmo foi verificado para N, Ca, e pH.

A minhoca contribui diretamente para a mineralização do N, baseado na biomassa, capacidade de locomoção, eficiência na conversão de energia, relação C/N da minhoca, suas fontes de alimento e capacidade de escolha (MARINISSEN e RUITER, 1993) e indiretamente pelo consumo de microrganismos, produzindo cropólitos mais ricos, favorecendo a taxa de produção e redistribuindo resíduos de plantas (MONESTIER e KRETZSCHMAR¹⁹ citados por MARINISSEN e RUITER, 1993).

A morte destes animais contribui para o enriquecimento do solo em N. O tecido morto consiste de N orgânico, principalmente aminoácidos e são facilmente degradados. Cerca de 70% do tecido morto da minhoca pode ser transferido para N mineral em apenas duas semanas (MARINISSEN e RUITER, 1993). CHRISTENSEN²⁰, citado por MARINISSEN e RUITER, (1993), mostrou que 75% do Nitrogênio no tecido da minhoca morta, pode ser recuperado na forma de amônia ou nitrato, nos primeiros 4 dias após sua morte.

A mineralização do N com minhocas da espécie Eisenia fetida

¹⁸ - EDWARDS, C. A. and LOFTY, J. R. Biology of Earthworms, Chapman and Hall Ltd., London, 1972. 283 p.

¹⁹ - MONESTIER, P. and KRETZSCHMAR, A. Estimation of the relationship between structural parameters of simulated burrow systems and their partitioning effects. Soil Biol. Biochem., v. 24, n. 12, p. 1549-1554, 1992.

²⁰ - CHRISTENSEN, O. The effect of earthworms on nitrogen cycling in arable soils. In: STRIGANOVA, B. R. (Ed), Soil Fauna and Soil Fertility. Proc. 9th Int. Colloquium, Soil Zoology, Moscow, p. 106-118, 1987.

foi maior do que em solos sem este anelídeo. Este N ficou retido na forma de nitrato, ou seja, produziu condições para a nitrificação (KNIGHT et al., 1992). A minhoca interfere diretamente aumentando a concentração de nitrato na solução do solo e indiretamente na mineralização (ANDERSON et al.²¹, citados por KNIGHT et al., 1992).

As minhocas não podem aumentar a quantidade de nutrientes no solo, mas podem torná-los mais disponíveis (SHARPLEY e SYERS, 1977; SPRINGETT e SYERS, 1984; DADALTO e COSTA, 1990), aumentando a taxa de ciclagem dos nutrientes, em consequência ficando a quantidade disponível por mais tempo (SYERS e SPRINGETT, 1983). O fósforo é o elemento que sofre a maior variação (SPRINGETT e SYERS, 1984; LEE, 1985; ; DADALTO e COSTA, 1990),

2.4.7 INOCULAÇÃO DE MINHOCAS NO SOLO

Muitos trabalhos referem-se às minhocas anécicas de clima temperado, que cavam galerias verticais semiperenes, depositando seus cropólitos na superfície do solo e enterrando folhas. As minhocas em outras categorias tem efeitos ambientais bastante diferentes e suas funções específicas devem ser definidas, a fim de avaliar a chance de melhorar a fertilidade do solo e infiltração de água através da introdução de populações de uma espécie selecionada (LAVELLE, 1988).

YATES (1976), demonstrou a redução da população de nematóides no solo onde foram inoculadas minhocas, não só pelo uso de nematóides como alimento, mas principalmente porque a minhoca

²¹ - ANDERSON, J. M.; LEONARD, M. A.; INESON, P. and HUIH, S. Faunal biomass: a key component of a general model of nitrogen mineralization. Soil Biol. Biochem., v. 17, p. 735-737, 1985.

espalha fungos nematofágicos, que são os mais importantes controladores de nematóides fitoparasitas.

A resposta à inoculação de minhocas em solos isentos destes animais está relacionado à morfologia das raízes. Plantas de raízes finas apresentam melhor crescimento após introdução desses anelídeos (PHASANASI et al., 1992).

A introdução de minhocas nos solos sem dúvida alguma tem uma participação decisiva na sua fertilidade, melhorando as propriedades físicas, químicas e biológicas, através da degradação e incorporação de matéria orgânica, na elaboração de agregados estáveis e no incremento da fertilidade do solo (KNAPPER, 1984).

2.4.8 PRODUÇÃO DAS PLANTAS

As atividades das minhocas são muito variadas e dependem das características ecológicas e das variações ambientais. Cada população tem alimentação específica e estratégias demográficas, que resultam em variações na adaptação e conseqüente atividade (LAVELLE, 1988). Como elas habitam as camadas do solo onde as raízes se desenvolvem (TOMATI et al., 1988), influenciam grandemente o sistema do solo ao construir galerias, mantendo a estrutura dele e tornando-se parte ativa na ciclagem dos nutrientes e carboidratos assimiláveis (HARTENSTEIN, 1982; HAYES, 1983; STOUT, 1983; EDWARDS e FLETCHER, 1988).

O efeito semelhante a hormônio, efetuado pelos produtos das excreções dos microrganismos, também é creditado às minhocas, devido à distribuição de propágulos viáveis de micorrizas, encontrados em seus cropólitos, promovendo uma infecção mais rápida (LAL, 1988; SPAIN et al., 1992). O uso de cropólitos na propagação de plantas promoveu uma maior iniciação de raízes e,

quando aplicados em hortícolas, influenciou o desenvolvimento e preciosidade das plantas. Esses efeitos são articulados por metabólitos microbianos, que interferem no metabolismo e crescimento de plantas (TOMATI et al., 1988; EDWARDS e FLETCHER, 1988). As minhocas maceram a matéria orgânica e misturam-na com o solo, melhorando o meio para a atividade microbiana (TOMATI et al., 1988).

Segundo MCCOLL et al., (1982), a Alollobophora caliginosa, tem potencial para melhorar a produtividade de pastagens, e recuperar solos destruídos, após obtenção de um aumento na produtividade e na massa seca das plantas cultivadas em estufa. O aumento da biomassa da parte aérea e raízes de Panicum maximum foi conseguido com minhocas da espécie Millsonia anomala uma minhoca endogêica que atinge de 5 a 6 cm quando adulta (SPAIN et al., 1992). Aumentou o crescimento de cevada em altas altitudes (TEMIROV e VALIAKHMEDOV, 1988). A Allobophora longa aumentou a biomassa das raízes (MINNICH, 1977; VOSS, 1986; SPRINGETT et al., 1992) de pastagens entre 15 a 25 cm (SPRINGETT, 1984). Promoveu um maior crescimento em altura e na massa seca da bracatinga (KOBIYAMA, 1994), aumentou o crescimento das plantas pelo aumento da absorção de nutrientes e melhoria nas propriedades físicas, na mistura do solo, na infiltração de água e, principalmente, no crescimento das raízes (LOGSDON e LINDEN, 1992).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL

3.1.1 CLIMA E SOLO DO LOCAL DA PESQUISA

O experimento foi conduzido a campo em área cultivada, pertencente ao Colégio Agrícola Estadual Arlindo Ribeiro - Ensino de 2º Grau, no município de Guarapuava, PR. Latitude de 25°21' S e longitude de 51°30' W, com altitude de 1058 m, fisiograficamente localizado no 3º planalto paranaense.

O clima local é classificado pelo sistema de Koeppen como Cfb, ou seja, mesotérmico, úmido a superúmido, sem estações secas, com verões frescos e geadas severas e freqüentes.

O solo onde o experimento foi instalado, pertence à unidade de mapeamento Lba 11, classificado pela EMBRAPA-SNLCS como Latossolo Bruno Álico, com A proeminente, textura muito argilosa tanto em A como em B (EMBRAPA, 1984). São solos profundos, de boa permeabilidade, bem supridos de matéria orgânica, e alta CTC dos horizontes superficiais. Devido a essas características, são solos que, apesar de pobres quimicamente e com alta saturação de alumínio trocável, uma vez corrigidos e adubados, respondem com produções compensadoras. Após o uso contínuo e manejo indevido, podem tornar-se muito susceptíveis ao fenômeno da erosão, em razão da formação do pé de grade, que diminui a infiltração de água e favorece o escoamento superficial do solo (EMBRAPA, 1984).

A análise granulométrica do solo de 0 a 20 cm de profundidade da área da pesquisa apresentou 17,8% de areia, 44,2% de silte e 38% de argila.

O solo onde o experimento foi instalado era mantido sob regime de plantio convencional por mais de 15 anos, apenas com adubações químicas. No ano de 1993 plantou-se trigo no inverno, não havendo plantio no verão. Antes do plantio do trigo aplicou-se 3,5 t/ha de calcário calcítico.

3.1.2 FEIJÃO

As sementes de feijão preto (Phaseolus vulgaris L.) variedade FT 120, de crescimento determinado, fornecidas pelo Técnico José Carlos Amaral, Gerente da Fazenda Escola do Colégio Agrícola Estadual Arlindo Ribeiro - Guarapuava, foram semeadas conforme anexo 02, no dia 22 de janeiro de 1994, numa densidade de 14 sementes por metro linear.

3.1.3 AVEIA

As sementes de aveia preta (Avena strigosa Scrb) variedade Canton, sendo fornecidas pelo Eng. Agrônomo Valdir Reccanello, Coordenador de Assistência Técnica Agropecuária da Cooperativa Agropecuária Mista de Guarapuava, foram semeadas conforme anexo 02, no dia 31 de julho de 1994, usando 6 g de sementes por metro linear.

3.1.4 ADUBO E ESTERCOS

Os esterco (bovino, ovino) e a palha de milho com sabugo foram coletados 5 e 9 meses respectivamente antes da implantação da pesquisa, permanecendo amontoados para decomposição a céu aberto. Durante esse período foram revolvidos mensalmente.

Os esterco (bovino, ovino) palha de milho com sabugo e o adubo químico, foram fornecidos pelo Técnico José Carlos Amaral, Gerente da Fazenda Escola do Colégio Agrícola Estadual Arlindo Ribeiro - Guarapuava. O esterco misto foi constituído de 50% de palha de milho + sabugo, 25% de esterco de bovino e 25% de esterco de ovino (peso úmido). Suas características químicas são demonstradas na tabela 01.

TABELA 01: RESULTADO DAS ANÁLISES DOS ADUBOS ORGÂNICOS - GUARAPUAVA, PR - 1995

Esterco	pH	Al ⁺³	H+Al ⁺³	Ca ⁺² +Mg ⁺²	K ⁺	T	P	C	V%
Misto	6,0	0,0	0,0	15,9	2,7	18,6	15,6	10,2	100
Bovino	6,0	0,0	0,0	21,1	1,5	22,6	48,0	10,2	100
Ovino	6,2	0,0	0,0	21,1	6,6	27,7	43,0	13,1	100

3.1.5 MINHOCAS

Foram coletadas manualmente (com auxílio de pás), na horta, pomar e depósito de dejetos de coelhos do Colégio Agrícola Arlindo Ribeiro, em Guarapuava. As minhocas coletadas foram acondicionadas em recipientes de plástico, contadas e imediatamente liberadas na superfície do solo, de acordo com o tratamento.

Foram utilizadas as minhocas popularmente conhecidas como "minhoca louca" (Amyntas spp.), adultas.

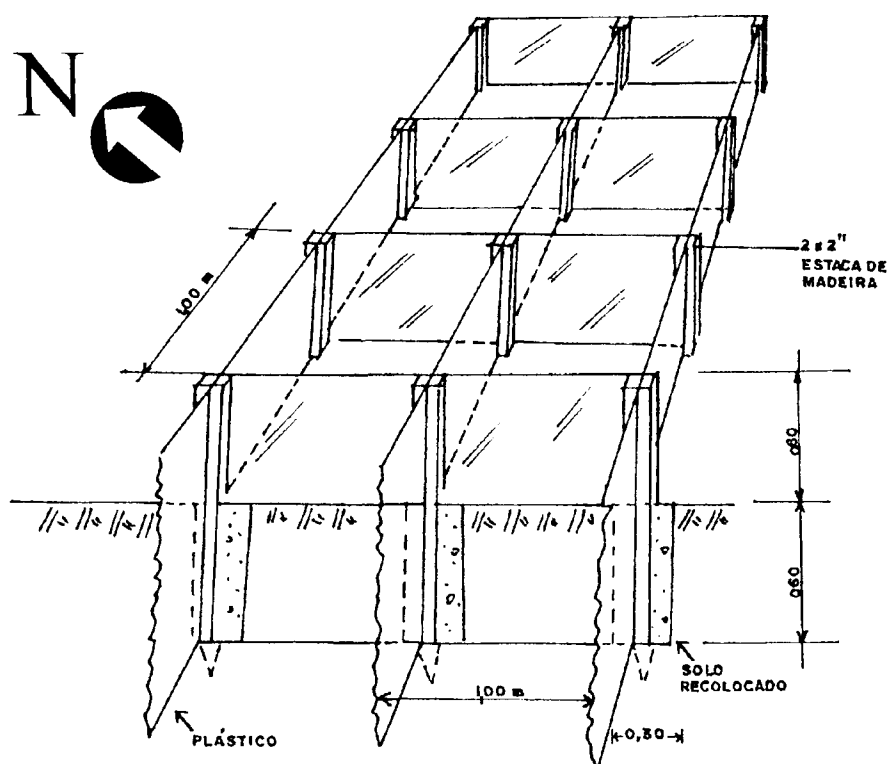
3.2 MÉTODOS

3.2.1 EXPERIMENTO, PREPARO DA ÁREA, INSTALAÇÃO E TRATAMENTOS

O experimento foi instalado em janeiro de 1994 e conduzido até janeiro de 1995.

Valetas de 30cm de largura e 60cm de profundidade foram abertas com auxílio de pás, com 20m de comprimento e divididas de metro em metro, formando 20 parcelas, constituindo um bloco com todos os tratamentos. Essa operação foi feita em quatro repetições. Nestas foram colocados plásticos transparentes de 100 μ de espessura presos em cada divisa por 2 estacas de madeira, a fim de manter o plástico tensionado. As valetas foram enchidas com o mesmo solo. As dimensões do plástico cobriam 50cm acima e 60cm abaixo do solo (fig. 01), para confinamento das minhocas.

FIGURA 01 - CROQUIS DO CANTEIRO DE CONFINAMENTO DAS MINHOCAS NOS TRATAMENTOS E REPETIÇÕES DA PESQUISA. GUARAPUAVA, PR. 1995.



Os tratamentos consistiram de quatro tipos de adubações: química, esterco de bovinos, esterco de ovinos, mista e testemunha, com quatro níveis de populações de minhocas: 00, 30, 60 e 90 minhocas por m², com quatro repetições (anexo 01), e duas culturas: feijão preto e aveia preta, culturas de verão e inverno respectivamente.

A escolha dos estercos de ovino e bovino para utilização na pesquisa, foi motivada pela sua facilidade de obtenção, pois Guarapuava possui o maior rebanho de ovinos do Paraná, bem como também um rebanho bovino bastante representativo.

A quantidade de adubo químico aplicado foi à razão de 300 kg/ha da formulação 04-30-10 (ROSOLEM, 1987), e as orgânicas à razão de 20 t/ha (KIEHL, 1985), ou seja, 30 g/m² de adubo químico e 2 kg/m² de estercos, correspondendo às seguintes quantidades de matéria seca em kg/ha:

Para feijão: esterco bovino - 7.514; ovino - 6.926; Misto - 6.706.

Para aveia: esterco bovino - 6.878; ovino - 6.154; Misto - 5.250.

Os adubos orgânicos e químicos foram colocados nos dias 21/01/94 e 28/07/94, espalhando na superfície do solo e incorporando com pás cortadeiras no experimento do feijão e manualmente na aveia. As culturas foram semeadas (3 linhas para o feijão e 5 para a aveia - anexo 02) sem que o solo fosse revolvido novamente. Sulcou-se de 2 a 3 cm, distribuindo as sementes manualmente e cobrindo-as posteriormente, seguindo-se uma cobertura com palha de trigo seca (a campo), correspondendo a 300 g/m², somente no feijão. As minhocas foram inoculadas no dia 25/01/94, após o plantio do feijão.

3.2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Para a análise estatística dos dados do experimento foi utilizado o delineamento experimental em parcela subdividida, teste "F" e a comparação de médias através do teste Tukey, conforme os parâmetros: infiltração de água, resistência do solo à ação do penetrômetro de mola, matéria seca e produção de grãos. (ZONTA e MACHADO, 1995).

3.2.3 AVALIAÇÕES

3.2.3.1 ANÁLISES QUÍMICAS DO SOLO

Com o objetivo de caracterizar a área sob o ponto de vista de fertilidade, fez-se a análise a partir da coleta realizada antes da implantação e no final do experimento, a uma profundidade de 0 a 20 cm. Também foram analisados os cropólitos coletados na superfície de cada tratamento.

A primeira amostra foi obtida durante a abertura das trincheiras e a segunda com trado holandês.

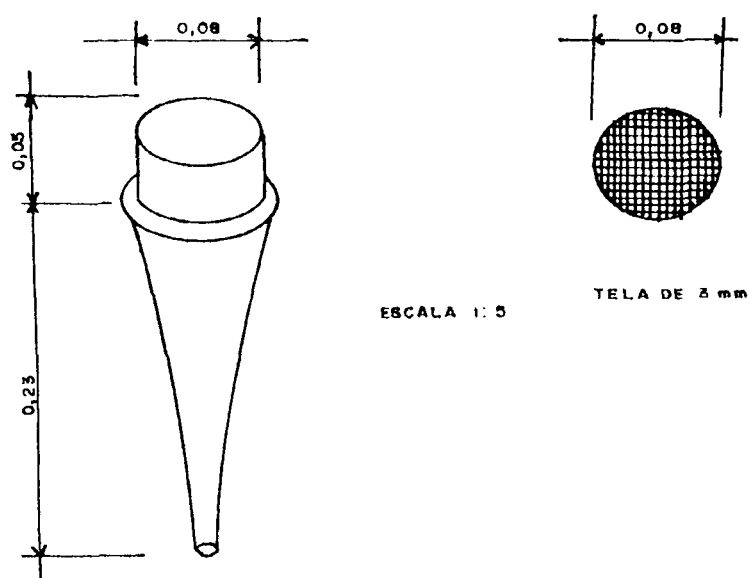
As análises foram efetuadas no Laboratório de Química do Solo do Departamento de Solos do Setor de Ciências Agrárias da UFPR, segundo a metodologia da EMBRAPA (1979), com as seguintes determinações: pH (CaCl_2), Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , P, K⁺ e C, enquanto a acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) foi determinada segundo RAIJ e QUAGGIO (1983).

3.2.3.2 MESOFAUNA

Para avaliar as populações de colembolos, ácaros

oribatídeos, outros ácaros e outros artrópodos, foram feitas amostragens com os funis de Berleze modificado (fig. 02), com os quais coletaram-se aleatoriamente solo da camada superficial, em torno de aproximadamente 250 cm², foram retirados 2 funis por parcela, distanciados 30 cm um do outro por parcela, totalizando 160 amostras, após a colheita do feijão (27/05/94) e após a colheita da aveia (03/12/94), idêntica ao do feijão. Antes da implantação do experimento em 20/01/94, foi feita uma avaliação prévia da mesofauna do solo.

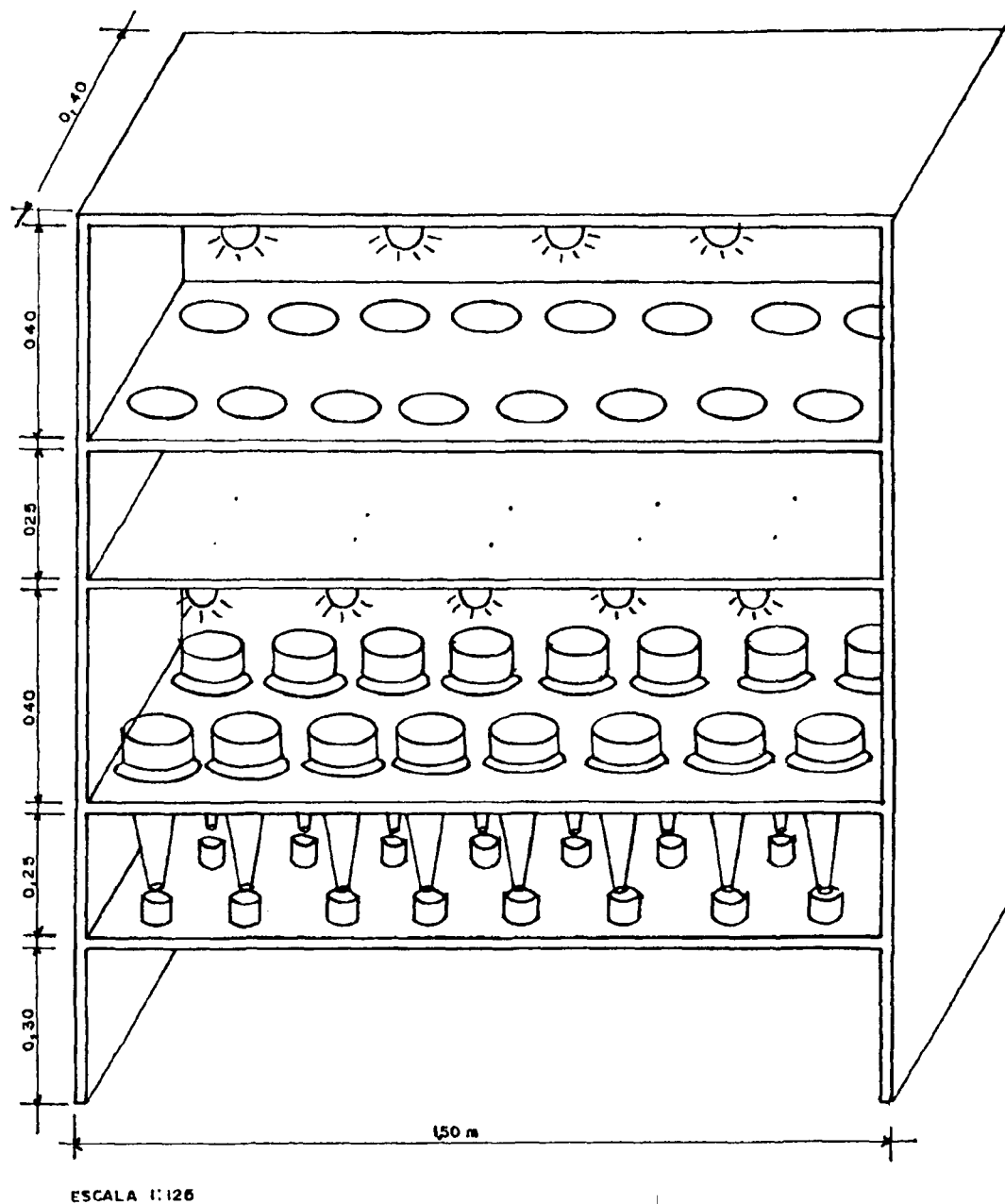
FIGURA 02 - FUNIL DE BERLEZE MODIFICADO (BZUNECK, 1988)



Após cada coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, com o objetivo de minimizar as perdas de umidade, e dentro de oito horas foram instaladas em mesas expositoras, com fonte de calor provida por lâmpadas de 25W (fig. 03), onde permaneceram por oito dias. Os organismos foram recolhidos em frascos plásticos contendo álcool 70% (BZUNECK, 1988), sendo armazenados até a realização da contagem. A separação, identificação e a contagem foram feitas em placas de Petri, com

auxílio de microscópio estereoscópico (Micronal modelo SZ-111-BR) de 20 e 40 aumentos.

FIGURA 03 - MESA DE EXPOSIÇÃO PARA MESOFAUNA EDÁFICA (BZUNECK, 1988)



3.2.3.3 MATÉRIA SECA

A produção de matéria seca da parte aérea das plantas foi obtida através do corte das plantas de cada cultura, no estágio de floração, emissão de vagem e panícula, para feijoeiro e aveia respectivamente.

A matéria seca das plantas do feijoeiro foi pelo corte de três plantas da linha externa (bordadura - Anexo 02) de cada subparcela, correspondendo a 12 plantas de feijoeiro por tratamento. Já a da aveia pelo corte de 0,5m linear da segunda linha interna (Anexo 02) correspondendo a 2 metros lineares por tratamento. As plantas foram secadas em estufa (Fabbe Modelo 71), a 72°C até peso constante. O peso do material seco foi transformado em kg/ha.

3.2.3.4 PRODUÇÃO DE GRÃOS

A produção de grãos foi obtida da linha central (Anexo 02) para feijoeiro e aveia, deixando-se as linhas laterais como bordadura. Os grãos foram secados a sombra até a umidade próxima a 13%, sendo então pesadas e convertidas em kg/ha.

3.2.3.5 PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO

3.2.3.5.1 INFILTRAÇÃO DE ÁGUA

Foi utilizado o infiltrômetro com dois anéis para medição de infiltração de água (REICHARDT, 1987), inundando a superfície do solo nos anéis, por adição de água. O cilindro externo foi mantido com água para diminuir os efeitos de bordadura. A medida de infiltração ou a velocidade de infiltração foi avaliada de 10 em 10 minutos, durante 50 minutos (por amostragem).

3.2.3.5.2 RESISTÊNCIA AO PENETRÔMETRO

Para determinar a resistência à compressão de solos foi usado um penetrômetro marca Solotest (Ref. S 210), composto de dupla maçaneta, com 4 hastes de 15" (usado apenas duas), um anel dinamométrico com capacidade de 100 kgf, uma ponta cônica removível, um indicador sensível e de alta precisão. Foram realizadas 5 ações do penetrômetro por parcela no dia 13/12/94, após precipitação de 13,2 mm do dia anterior, avaliando a ação do penetrômetro de 5 em 5 cm até uma profundidade de 30 cm. Os dados em índice de cone obtidos foram transformados em kPa, pela fórmula:

índice de cone (kPa) = $8,55 + 5,59 \times \text{leitura direta (lida no penetrômetro de mola)}$ (I.T.M. 1990).

TABELA 02: ETAPAS DE TRABALHO DESENVOLVIDAS NO EXPERIMENTO. GUARAPUAVA - PR, 1995.

ETAPAS	Período (94/95)												
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J
Preparo da área	X												
Implantação da pesquisa	X												
Inoculação das minhocas	X												
Avaliação biológica	X				X						X		
Avaliação química	X												X
Semeadura do feijão	X												
Matéria seca - feijão					X								
Colheita - feijão						X							
Semeadura da aveia							X			X			
Matéria seca - aveia													
Colheita - aveia											X		
Avaliação física													X

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PARÂMETROS FÍSICOS

4.1.1 INFILTRAÇÃO DE ÁGUA

A taxa de infiltração da água (após estabilização da infiltração), com relação ao nível de minhocas inoculadas é mostrada na tabela 03.

TABELA 03: VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA (APÓS ESTABILIZAÇÃO) DE ACORDO COM OS NÍVEIS DE MINHOCAS INOCULADAS. GUARAPUAVA - PR, 1995.

nº de minhocas inoculadas/m ²	Velocidade de Infiltração (cm/h)
00	39,54 ab
30	37,19 ab
60	33,24 b
90	41,55 a

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si no nível de 5% pelo teste de Tukey

Os tratamentos de 00, 30 e 90 minhocas/m², não diferiram significativamente no nível de 5% de probabilidade entre si semelhantemente os tratamentos 00, 30 e 60 minhocas/m², que também não diferiram entre si. A maior velocidade de infiltração foi obtida com o nível de 90 minhocas/m², mostrando uma tendência de maiores níveis de minhoca a uma maior velocidade de infiltração da água.

Na tabela 04 é registrada a velocidade de infiltração (após estabilização) em função do tipo de adubação. A análise estatística comprova que a testemunha e os esterco misto, bovino

e ovino não diferiram significativamente no nível de 5% de probabilidade entre si pelo teste de Tukey, mas diferiram da adubação química. (A maior velocidade de infiltração foi obtida com o esterco ovino, que foi quase o dobro da adubação química, a menor velocidade).

TABELA 04: VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA (APÓS ESTABILIZAÇÃO) EM FUNÇÃO DO TIPO DE ADUBAÇÃO. GUARAPUAVA - PR, 1995

Tipo de adubação	Velocidade de infiltração (cm/h)
Testemunha	38,34 a
Adubo químico	24,75 b
Esterco misto	41,26 a
Esterco bovino	38,91 a
Esterco ovino	44,91 a

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si no nível de 5% pelo teste de Tukey

A maior velocidade de infiltração de água foi obtida com o nível 90 minhocas m^2 , isto pode ser devido a melhoria da estrutura do solo (DEXTER, 1978), ou pelo aumento de pequenos e médios poros (MCCOLL et al., 1982), influenciando a infiltrabilidade da água (EHLERS, 1975; EDWARDS e FLETCHER, 1988). A maior velocidade de infiltração nos esterco pode ser atribuída à melhor qualidade do alimento (ZOU, 1993) favorecendo o crescimento das minhocas (LAVELLE, 1988), conforme anexo 06.

4.1.2 RESISTÊNCIA DO SOLO À AÇÃO DO PENETRÔMETRO DE MOLA

A maior resistência ao penetrômetro foi observada entre 15 e 20 cm, justificado pelo fato de o solo ter sido mantido no sistema

de plantio convencional. A análise estatística não comprovou diferenças significativas no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, entre os diferentes níveis de minhocas inoculadas, nas diferentes profundidades analisadas (tabela 05).

TABELA 05: RESISTÊNCIA DO SOLO (MÉDIA) À AÇÃO DO PENETRÔMETRO DE MOLA EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE E NÍVEL DE MINHOCA INOCULADA. GUARAPUAVA - PR, 1995.

Profundidade (cm)	Índice de cone (kPa)			
	minhocas inoculadas			
	00	30	60	90
05	529,23 a	461,68 a	579,78 a	535,46 a
10	732,42 a	693,39 a	748,06 a	677,28 a
15	833,16 a	806,36 a	802,15 a	795,21 a
20	799,52 a	870,12 a	819,12 a	826,30 a
25	724,68 a	794,90 a	784,44 a	763,58 a
30	679,76 a	683,44 a	689,81 a	670,17 a

Médias da mesma linha seguidas por letras distintas diferem entre si no nível de 5% pelo teste de Tukey

Na tabela 06 estão registrados os dados de resistência média até 30 cm de profundidade do solo à ação do penetrômetro de mola em função da quantidade de minhocas inoculadas. A análise estatística não mostrou diferenças significativas no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. A menor resistência a ação do penetrômetro foi verificada no nível de 90 minhocas/m².

TABELA 06: RESISTÊNCIA DO SOLO À AÇÃO (MÉDIA) DO PENETRÔMETRO ATÉ 30 cm DE PROFUNDIDADE EM FUNÇÃO DO NÍVEL DE MINHOCAS INOCULADAS. GUARAPUAVA - PR, 1995.

n° de minhocas inoculadas	Índice de cone (kPa)
00	716,46 a
30	718,31 a
60	737,23 a
90	711,33 a

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si no nível de 5% pelo teste de Tukey

Na tabela 07 são citados os resultados das ações do penetrômetro em kPa até 30 cm de profundidade em função da quantidade de minhocas inoculadas e o tipo de adubação. A análise estatística no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, mostrou os seguintes resultados:

- Testemunha: não ocorreram diferenças significativas entre os níveis 00, 30, 60 e 90 minhocas/m², mas a menor resistência à ação do penetrômetro foi obtida com o nível de 90 minhocas/m².
- Adubo químico: Os níveis de 00, 30 e 90 minhocas/m² não diferiram significativamente entre si e os níveis de 30, 60 e 90 minhocas/m² também não diferiram significativamente entre si. A menor resistência à ação do penetrômetro foi obtida com o nível de 60 minhocas/m².
- Esterco misto: Os dados referentes aos níveis de 30 e 60 minhocas/m², não diferiram entre si; os níveis de 00, 30 e 90 minhocas/m² não diferiram entre si, mas diferiram do de 60 minhocas/m². As menores resistências foram obtidas com o nível de 00 minhocas/m², seguido do de 90 minhocas/m².
- Esterco bovino: Não diferiram significativamente entre si e a menor resistência à ação do penetrômetro foi obtida no nível de 30 minhocas/m².
- Esterco ovino: Também não apresentaram diferenças significativas entre si e as menores resistências foram obtidas nos níveis 00 e 60 minhocas/m².

TABELA 07: ÍNDICE DE CONE EM KPA ATÉ 30 cm DE PROFUNDIDADE EM FUNÇÃO DO NÍVEL DE MINHOCAS E DO TIPO DE ADUBAÇÃO. GUARAPUAVA - PR, 1995.

n° de minhocas inoculadas	Tipo de Adubação				
	Testemunha	Adubo químico	Esterco misto	Esterco bovino	Esterco ovino
00	750,62 a	761,61 a	645,04 b	695,30 a	723,74 a
30	704,09 a	727,40 ab	722,36 ab	677,77 a	759,95 a
60	750,87 a	662,68 b	805,18 a	732,71 a	734,69 a
90	686,36 a	745,58 ab	650,51 b	726,70 a	745,52 a

Médias da mesma coluna, seguidas por letras distintas diferem entre si no nível de 5% pelo teste de Tukey

4.2 PARÂMETROS QUÍMICOS DO SOLO

Os resultados referentes aos parâmetros químicos do solo estão descritos na tabela 08.

- pH em CaCl₂ - Os valores médios mostraram uma diminuição ou igualdade nos valores de pH, com exceção dos tratamentos T00, Q90 e C90, que apresentaram ligeiro aumento na coleta 2.
- H+Al - Os tratamentos T30, T90, M00, M90 e C30 na coleta 2, apresentaram valores superiores à análise da coleta 1. Os demais tratamentos tiveram valores inferiores aos obtidos na coleta 1.
- Al - Os solos analisados nas duas coletas não apresentaram alumínio trocável.
- Ca - Houve uma diminuição nos teores de cálcio nos resultados da análise da coleta 2.
- Mg - também apresentou redução nos teores na análise efetuada na coleta 2, com exceção dos tratamentos Q90 e M60, que apresentaram um ligeiro aumento em suas concentrações.

- K - Houve uma evolução dos teores de potássio do solo, com aumento sensível durante o período estudado, para todos os tratamentos. O maior pico foi observado no tratamento C90 na coleta 2.
- CTC - com exceção do tratamento Q90, todos os resultados das análises da coleta 2 foram inferiores aos da coleta 1.
- P - não apresentou grandes grandes alterações, quando comparados os teores de P no início e final do experimento, mas os tratamentos Q00, Q30, Q60, Q90, T60, M90 e C90, apresentaram um ligeiro aumento na concentração de P, enquanto todos os demais tratamentos apresentaram valores inferiores ou iguais aos resultados da coleta 1.
- C - Em todos os tratamentos houve uma diminuição no teor de carbono na coleta 2.
- Saturação de Bases - Os tratamentos T60, Q00, Q90, B00, B60 e C90 apresentaram valores superiores à coleta 1.
- Os demais tratamentos apresentaram valores inferiores na coleta 2.

TABELA 08: RESULTADOS MÉDIOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS, NO INÍCIO (1) E FINAL (2) DO EXPERIMENTO DE ACORDO COM CADA TIPO DE ADUBAÇÃO E NÍVEL DE MINHOCAS INOCULADAS. GUARAPUAVA - PR, 1995.

Tratamento	T00	T30	T60	T90	Q00	Q30	Q60	Q90	M00	M30	M60	M90	B00	B30	B60	B90	C00	C30	C60	C90
pH1	6.7	6.9	7.0	7.1	6.8	6.9	6.9	6.4	6.8	6.8	6.8	6.9	6.9	7.0	6.9	7.0	7.1	6.8	6.9	6.7
pH2	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.7	6.9	6.8	6.4	6.8	6.8	6.6	6.8	6.9	6.9	6.8	6.8	6.6	6.8	6.9
H+Al1	2.5	2.3	2.5	2.3	2.8	2.3	2.4	4.1	2.3	2.4	2.5	2.2	2.4	2.4	2.6	2.4	2.5	2.2	2.8	2.7
H+Al2	2.4	2.5	2.4	2.5	2.4	2.2	2.3	2.3	2.8	2.5	2.4	2.5	2.1	2.3	2.3	2.4	2.4	2.6	2.4	2.3
Ca1	9.6	9.7	9.3	9.7	10.1	10.2	9.8	7.0	9.6	9.4	10.4	9.9	9.9	10.0	9.3	8.9	10.6	10.0	10.2	10.6
Ca2	8.4	8.5	9.5	7.5	9.0	8.4	8.6	9.5	8.9	9.0	8.8	8.6	9.1	9.8	8.5	8.5	9.5	7.6	9.4	9.7
Mg1	6.7	7.1	7.1	7.0	6.8	7.0	7.3	6.2	6.8	7.2	6.7	6.9	7.1	7.2	7.1	6.6	7.4	6.8	7.4	7.3
Mg2	6.5	6.1	6.7	6.6	6.5	6.3	6.5	6.6	6.7	6.9	6.8	6.3	6.5	6.7	6.5	6.5	6.8	6.6	6.9	7.0
K1	.15	.19	.07	.08	.13	.08	.09	.05	.13	.12	.20	.12	.08	.17	.08	.09	.14	.15	.08	.16
K2	.16	.20	.21	.13	.14	.23	.24	.17	.14	.17	.24	.22	.10	.11	.15	.18	.15	.34	.39	.52
T1	18.9	19.2	18.9	19.0	19.8	19.5	19.5	17.3	18.8	19.1	19.8	19.1	19.4	19.7	19.0	17.9	20.6	19.1	20.4	20.7
T2	15.0	17.3	18.8	16.7	18.0	17.1	17.6	18.5	18.5	18.5	18.2	17.6	17.8	18.9	17.4	17.5	18.8	17.1	19.0	19.5
P1	12.0	12.0	9.0	11.0	10.0	10.0	10.0	5.0	11.0	12.0	15.0	8.0	7.0	12.0	11.0	16.0	10.0	10.0	12.0	12.0
P2	11.0	9.0	10.0	8.0	12.0	12.0	13.0	13.0	11.0	11.0	12.0	9.0	8.0	11.0	10.0	12.0	10.0	7.0	12.0	13.0
C1	4.5	4.1	4.2	4.2	4.0	4.2	4.3	3.4	4.0	4.1	4.6	4.1	4.6	4.4	4.0	4.2	4.3	4.3	4.4	4.6
C2	3.4	3.3	3.7	3.0	3.5	3.1	3.2	3.3	3.5	3.9	3.8	3.3	3.3	3.8	3.6	3.5	4.0	3.1	3.9	4.1
V1	86.8	88.0	86.8	87.9	85.8	88.2	87.7	76.3	87.7	87.4	87.5	8.4	87.6	87.8	86.3	86.6	87.8	88.5	86.3	86.9
V2	84.4	85.5	87.2	85.0	86.6	87.1	86.9	87.6	84.8	86.5	86.8	85.8	88.2	87.8	86.8	86.3	87.2	84.8	85.3	88.2

1 - coleta janeiro/94

2 - coleta janeiro/95

Na tabela 09 são descritos os resultados médios das análises químicas do solo, no início do experimento (coleta 1) e no final do experimento (coleta 2), baseadas nos níveis de minhocas inoculadas.

- pH - Os resultados médios dos valores de pH na coleta 2 foram inferiores aos da coleta 1. Apenas o tratamento com 90 minhocas/m² apresentou resultados iguais nas duas coletas.
- Al - Não foi observada a presença de Al nas duas coletas.
- H+Al - Com exceção do tratamento 30 minhocas/m², todos os demais níveis apresentaram concentrações inferiores na coleta 2.
- Ca+Mg - As análises químicas dos solos na coleta 2 apresentaram resultados inferiores aos obtidos na coleta 1.
- K - Houve um aumento da concentração em todos os níveis de minhocas nos resultados das análises da coleta 2.
- CTC - As análises da coleta 2 apresentaram valores inferiores aos da coleta 1.
- P - Os tratamentos com 00 e 60 minhocas/m² apresentaram a mesma concentração de P nas coletas 1 e 2. O nível de 30 minhocas/m² na coleta 2 apresentou concentração de P menor na coleta 1 e o nível de 90 minhocas/m² na coleta 2 apresentou um aumento no teor de P.
- C - Os resultados das análises químicas apresentaram uma redução do teor de C na coleta 2, possivelmente devido ao consumo de carbono pelos organismos edáficos do solo.
- Saturação de Bases - Nos tratamentos com 00 e 30 minhocas/m², houve uma redução do V% na coleta 2. Já os níveis de 60 e 90 minhocas/m² apresentaram um aumento do V% na coleta 2.

TABELA 09: RESULTADOS (MÉDIOS) DAS ANÁLISES DO SOLO, DE ACORDO COM O NÍVEL DE MINHOCA INOCULADA, NO INÍCIO (1) E FINAL (2) DO EXPERIMENTO. GUARAPUAVA - PR, 1995.

n° de minhocas inoculadas	00	30	60	90
pH 1	6.9	6.9	6.9	6.8
pH 2	6.7	6.7	6.8	6.8
Al 1	0	0	0	0
Al 2	0	0	0	0
H+Al 1	2.5	2.3	2.5	2.7
H+Al 2	2.4	2.4	2.3	2.3
Ca 1	9.9	9.9	9.8	9.2
Ca 2	9.0	8.7	9.0	8.8
Mg 1	6.9	7.0	9.0	8.8
Mg 2	6.6	6.5	6.7	6.6
K 1	.13	.14	.10	.10
K 2	.14	.21	.24	.24
T 1	19.4	19.3	19.5	18.8
T 2	18.1	17.8	18.2	17.9
P 1	10.0	11.0	11.0	10.0
P 2	10.0	10.0	11.0	11.0
C 1	4.2	4.2	4.3	4.1
C 2	3.5	3.4	3.6	3.4
V 1	87.1	88.1	87.1	85.6
V 2	81.0	86.5	87.3	87.1

1 - coleta janeiro/94

2 - coleta janeiro/95

A tabela 10 cita os resultados das análises químicas do solo no início do experimento (1), no final do experimento (2) e as análises químicas dos cropólitos coletados na superfície (3), em função do tipo de adubação.

- pH - Os valores de pH foram mais ou menos, semelhantes, apresentando um decréscimo de seus valores nos cropólitos na testemunha.
- Al - Não foi encontrado nas análises.
- H+Al - Os valores de H+Al foram menores ou iguais aos das análises da coleta 2 e, quando comparados com os cropólitos, estes apresentaram um aumento considerável nos tratamentos testemunha e adubo químico. Já os tratamentos com esterco misto, bovino e ovino apresentaram resultados 0 (zero). Figura 04.

- Ca - Os resultados das análises na coleta 2 foram sempre menores que os resultados da coleta 1. Já a coleta 3 apresentou um aumento na concentração de Ca no esterco de bovino e um decréscimo no esterco ovino, o que pode ter sido mascarado pelo alto teor de Ca do solo.
- Mg - com exceção do esterco ovino, que apresentou concentração igual na coleta 1 e 2, os demais tratamentos apresentaram concentrações inferiores na coleta 2. Quando comparados com os da coleta 3, com exceção do tratamento com esterco bovino, os demais tratamentos foram inferiores aos obtidos nas coletas 1 e 2.
- K - Foi o elemento que apresentou as maiores variações, sendo que os resultados das análises da coleta 2 apresentaram valores superiores aos da coleta 1. Na coleta 3, os resultados foram muito maiores que os valores obtidos nas coletas 1 e 2, destacando-se os tratamentos adubo químico e esterco ovino, com concentração 12 vezes maior que a concentração inicial (1). Figura 05, o que pode estar associado a sua tendência de acumular na superfície.
- CTC - Os resultados da CTC na coleta 2 foram sempre inferiores aos da coleta 1. Quando comparados com os da coleta 3, os tratamentos testemunha e adubo químico apresentaram valores superiores aos obtidos nas coletas 1 e 2. Já os estercos apresentaram valores inferiores.
- P - Os valores das concentrações de P nas coletas 1 e 2 não diferiram muito, mas, quando comparados com os resultados obtidos na coleta 3, os resultados foram sempre superiores, com exceção da testemunha. Figura 06. Resultados semelhantes foram obtidos por MACKAY et al., 1982; SPRINGETT e SYERS, 1984; LEE,

1985; DADALTO e COSTA, 1990.

- C - Os valores obtidos na coleta 2 foram sempre inferiores aos resultados das análises na coleta 1. Quando comparados aos valores obtidos na coleta 3, estes foram sempre superiores aos obtidos nas coletas 1 e 2. Figura 07 Resultados semelhantes foram obtidos por MINNICH, 1977; REDDY, 1983; KIEHL, 1985; HULUGALLE e EZUMAH, 1991; SPAIN et al., 1992.
- Saturação de bases - A saturação de bases das coletas 1 e 2 foram semelhantes. Quando comparados aos valores obtidos na coleta 3, os tratamentos testemunha e adubo químico apresentaram V% menor, enquanto nos tratamentos com esterco os cropólitos apresentaram saturação de bases igual a 100%.

TABELA 10: RESULTADOS (EM MÉDIA) DAS ANÁLISES DO SOLO, NO INÍCIO(1) E NO FINAL(2) DO EXPERIMENTO E DOS CROPÓLITOS DE ADUBAÇÃO(3). GUARAPUAVA-PR, 1995.

Nível de minhoca	TESTEMUNHA	QUÍMICO	MISTO	BOVINO	OVINO
pH 1	6.80	6.60	6.70	6.80	6.70
pH 2	6.80	6.80	6.60	6.80	6.80
pH 3	6.20	6.50	6.80	6.70	6.70
Al 1	0	0	0	0	0
Al 2	0	0	0	0	0
Al 3	0	0	0	0	0
H+Al 1	2.50	2.80	2.50	2.60	2.50
H+Al 2	2.40	2.30	2.50	2.20	2.10
H+Al 3	3.50	3.10	0	0	0
Ca 1	9.20	9.00	9.70	9.30	9.90
Ca 2	8.40	8.90	8.80	9.00	9.00
Ca 3	8.90	9.10	9.10	9.70	8.80
Mg 1	6.70	6.50	6.70	6.60	6.80
Mg 2	6.10	6.40	6.60	6.50	6.80
Mg 3	5.80	6.30	6.40	6.90	6.80
K 1	.12	.10	.12	.11	.13
K 2	.16	.19	.19	.13	.35
K 3	.76	1.22	1.04	.91	1.56
T 1	18.50	18.40	19.00	18.60	19.30
T 2	17.10	17.80	18.10	17.20	18.30
T 3	19.00	19.70	16.50	17.50	17.00
P 1	11.00	10.00	11.00	10.00	11.00
P 2	9.00	12.00	11.00	10.00	10.00
P 3	9.00	23.00	20.00	26.00	21.00
C 1	4.10	4.00	4.20	4.20	4.40
C 2	3.30	3.20	3.60	3.50	3.70
C 3	5.10	5.00	5.90	6.00	5.30
V 1	86.50	84.40	86.80	86.00	87.00
V 2	85.90	87.00	86.10	87.60	88.50
V 3	81.50	84.30	100.00	100.00	100.00

1 - coleta no início do experimento 01/94

2 - coleta no final do experimento 01/95

3 - análise dos cropólitos

FIGURA 04 - RESULTADOS DA ANÁLISE QUÍMICA (H+Al), EXTRAÍDOS DA PRIMEIRA E SEGUNDA COLETAS E CROPÓLITOS. GUARAPUAVA-PR, 1995

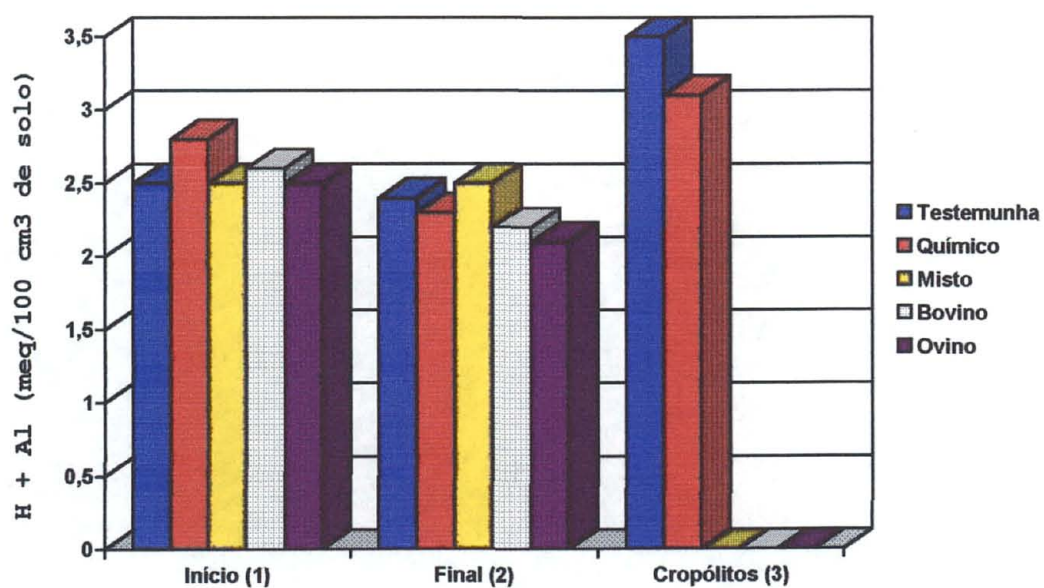


FIGURA 05 - RESULTADO DE ANÁLISE QUÍMICA (K), EXTRAÍDO DA PRIMEIRA E SEGUNDA COLETAS E CROPÓLITOS. GUARAPUAVA-PR, 1995

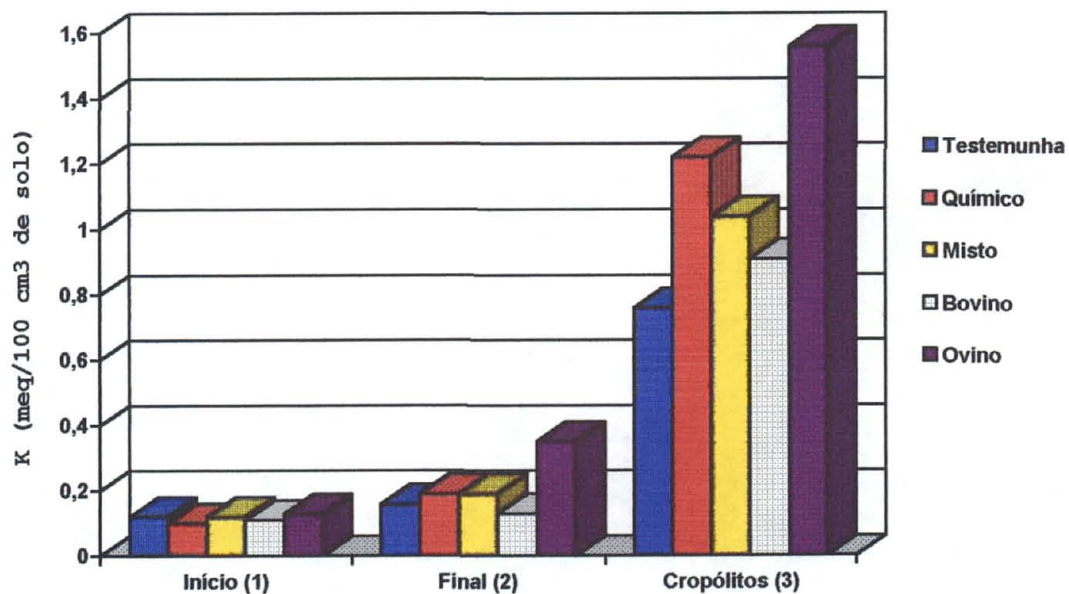


FIGURA 06 - RESULTADOS DE ANÁLISES QUÍMICAS (P), EXTRAÍDOS DA PRIMEIRA E SEGUNDA COLETAS E CROPÓLITOS GUARAPUAVA-PR, 1995

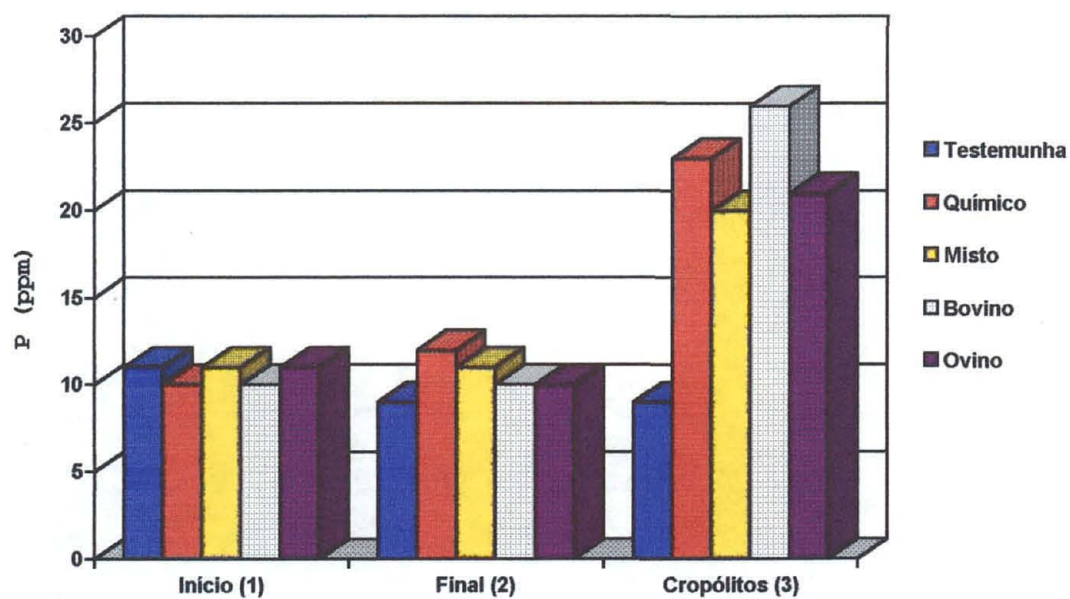
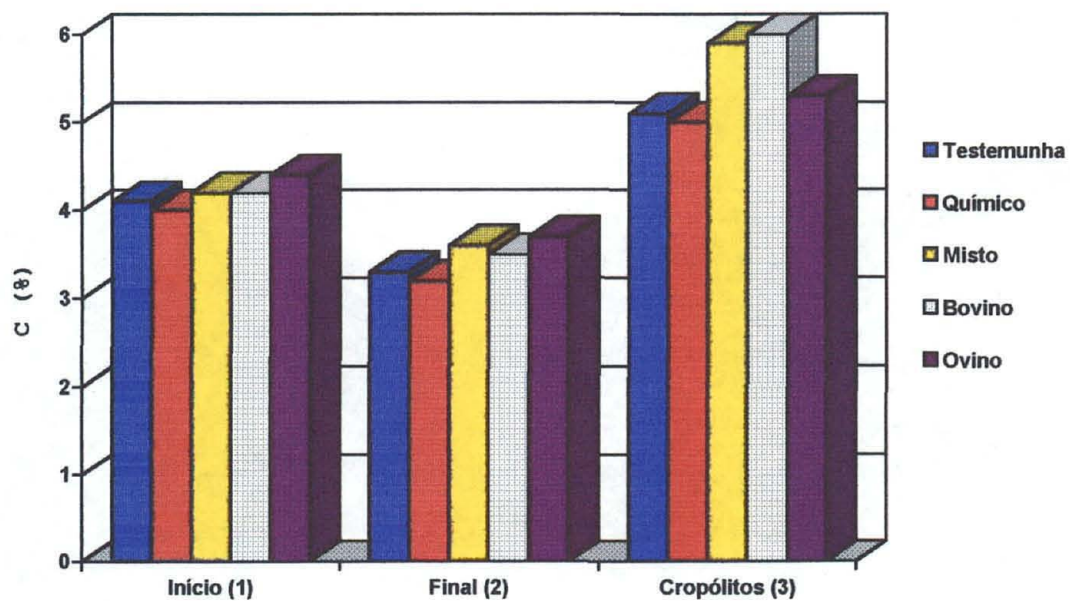


FIGURA 07 - RESULTADOS DE ANÁLISES QUÍMICAS (C), EXTRAÍDOS DA PRIMEIRA E SEGUNDA COLETAS E CROPÓLITOS. GUARAPUAVA-PR, 1995



4.3 MESOFAUNA EDÁFICA

Os grupos de seres da mesofauna analisados nas duas culturas (Feijão e Aveia) foram: colembolos, oribatídeos, outros ácaros e outros artrópodes.

Na tabela 11 há referências sobre os resultados totais dos representantes da mesofauna coletados em duas épocas (27/05/94) após a colheita do feijão e (03/12/94) após a colheita da aveia, em cada tratamento.

Na primeira coleta obteve-se uma média de 3255 organismos/m² e na segunda coleta, 1821 organismos/m².

TABELA 11: DENSIDADE POPULACIONAL DA MESOFAUNA (ind/m²), NA IMPLANTAÇÃO DA PESQUISA, NO FINAL DO CICLO VEGETATIVO DO FEIJOEIRO E AVEIA, GUARAPUAVA-PR, 1994.

início 20/01	colembolos		ácaros				outros artrópodos		total	
	1288		oribatídeos 126		outros 542		217		2173	
coleta	27/05	03/12	27/05	03/12	27/05	03/12	27/05	03/12	27/05	03/12
T 00	1808	440	61	633	1099	217	204	12	3172	1302
Q 00	1516	1483	49	485	801	687	304	157	2670	2812
M 00	2076	2045	36	459	488	484	254	192	2854	3180
B 00	3207	820	49	596	503	157	186	165	3945	1738
C 00	2405	861	24	265	447	513	242	124	3118	1763
T 30	919	590	6	1106	565	447	266	30	1756	2173
Q 30	1535	353	30	273	689	192	260	74	2514	892
M 30	1268	588	24	331	840	314	173	65	2305	1298
B 30	2355	497	24	778	602	347	148	82	3129	1704
C 30	3064	911	49	505	503	447	204	99	3820	1962
T 60	1255	1085	37	914	640	273	192	74	2124	2346
Q 60	1355	1050	30	521	671	198	154	67	2210	1836
M 60	2977	658	36	366	739	534	186	111	3938	1669
B 60	2306	1137	12	297	428	341	198	99	2944	1874
C 60	5079	2231	18	117	708	509	217	142	6022	2999
T 90	1783	304	6	484	969	142	254	130	3012	1060
Q 90	1640	298	55	273	801	192	260	67	2756	830
M 90	3101	397	12	207	919	181	130	82	4162	867
B 90	1771	1524	36	339	758	190	210	40	2775	2093
C 90	4730	1311	36	229	801	403	316	86	5883	2029
média									3255	1821

Legenda: T - testemunha 00 - ausência de minhocas
Q - adubo químico 30 - 30 minhocas inoculadas/m²
M - esterco misto 60 - 60 minhocas inoculadas/m²
B - esterco bovino 90 - 90 minhocas inoculadas/m²
C - esterco ovino

Na tabela 12 estão registradas os números médios e as

percentagens dos organismos da mesofauna/m², em função do nível de minhocas inoculadas. Na coleta após a colheita do feijão, foram obtidos 64,13% dos organismos, quase o dobro da coleta após a colheita da aveia, que foi de 35,87%. O fato de a primeira cultura apresentar uma maior percentagem de organismos da mesofauna, em relação ao total, pode ser atribuído a temperaturas médias máximas superiores às da primeira coleta (anexo 03), ou talvez pela melhor cobertura do solo, variação no sistema radicular e a associação Leguminosae x Gramineae.

Após colheita do feijão o nível de 90 minhocas/m² foi o que apresentou a maior média de organismos da mesofauna edáfica, correspondendo a 28,55% do total da coleta, seguido pelos níveis de 60, 00 e 30, correspondendo a 26,47%; 24,2% e 20,78% respectivamente. Na coleta após colheita da aveia, o nível 00 apresentou a maior densidade, o que corresponde a 29,63% do total da coleta, seguido pelos níveis de 60, 30 e 90 minhocas inoculadas/m². As variações dentro dos níveis de minhocas podem ser atribuídas à competição interespecífica por alimento (SILVEIRA NETO et al., 1976).

TABELA 12: NÚMERO E PERCENTAGEM DOS ORGANISMOS DA MESOFAUNA/m² NO FINAL DO CICLO VEGETATIVO DO FEIJOEIRO E DA AVEIA, EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE MINHOCAS INOCULADAS. GUARAPUAVA - PR, 1994.

nº de minhocas inoculadas/m ²	1ª cultura - Feijão		2ª cultura - Aveia	
	média	%	média	%
00	3151,8	24,20	2159	29,63
30	2704,8	20,78	1605,8	22,05
60	3447,6	26,47	2144,8	29,44
90	3717,6	28,55	1375,8	18,88
% do total	64,13%		35,87%	

Na tabela 13 estão registradas as percentagens dos seres edáficos de cada grupo coletados nas duas culturas, para cada nível de minhocas inoculadas/m². Observou-se que houve predominância de colembolos nas duas culturas, com excessão do tratamento 30 minhocas inoculadas/m² após colheita da aveia.

Os tratamentos com 60 minhocas inoculadas/m² apresentaram as maiores percentagens de colembolos após colheita do feijoeiro e aveia e os tratamentos com 30 minhocas inoculadas/m² com as menores percentagens.

Os ácaros oribatídeos apresentaram as maiores variações, quando comparados os dados obtidos das coletas após a colheita das culturas, onde a coleta após a aveia foi mais rica nestes organismos. O tratamento com 00 minhocas inoculadas/m² da primeira cultura e o de 30 minhocas inoculadas/m² da segunda, foram os que apresentaram as maiores percentagens destes organismos. Já os tratamentos com 60 minhocas inoculadas/m², apresentaram as menores percentagens nas coletas após a colheita do feijão e aveia respectivamente.

Os outros ácaros ocorreram sem grandes variações nas coletas após a colheita das duas culturas. O tratamento com 30 minhocas inoculadas/m² apresentou a maior percentagem destes seres nas duas coletas e os tratamentos 60 e 90 minhocas inoculadas/m² das coletas após a colheita do feijão e aveia respectivamente apresentaram as menores percentagens. Com relação aos outros artrópodos, também não apresentaram grandes variações percentuais entre as duas coletas, após colheitas, onde o tratamento onde foram inoculadas 30 e 00 minhocas/m² nas coletas após colheita do feijoeiro e aveia respectivamente apresentou maiores percentagens destes seres e os tratamentos com 60 e 30 minhocas inoculadas/m² após colheita do feijão e aveia apresentaram respectivamente as

menores percentagens destes organismos.

TABELA 13: PERCENTAGEM DOS ORGANISMOS DA MESOFAUNA/m² NO FINAL DO CICLO VEGETATIVO DO FEIJOEIRO E DA AVEIA, EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE MINHOCAS INOCULADAS. GUARAPUAVA - PR, 1994.

Ácaros									
	Colembolos		Oribatídeos		Outros ácaros		Outros artrópodos		
	Feijão 27/05	Aveia 03/12	Feijão 27/05	Aveia 03/12	Feijão 27/05	Aveia 03/12	Feijão 27/05	Aveia 03/12	
00	69,89	52,69	1,40	21,69	21,16	19,26	7,55	6,09	100
30	67,58	36,59	1,00	37,29	23,66	21,75	7,77	4,37	100
60	75,27	58,07	0,75	19,78	18,48	17,51	5,49	4,63	100
90	70,06	55,75	0,78	22,27	22,86	16,08	6,30	5,89	100

Os grupos de organismos coletados no final do ciclo vegetativo do feijoeiro e da aveia em função do tipo de adubação são citados na tabela 14.

Nota-se que as adubações com esterco apresentaram as maiores médias de seres da mesofauna, destacando-se o ovino com a maior média, nas duas culturas, podendo estar associado às características químicas deste esterco. Após colheita do feijoeiro a testemunha foi a que apresentou a menor média e após a colheita da aveia, o tratamento com adubo químico foi o que apresentou a menor média da mesofauna. As menores médias de organismos edáficos na adubação química no final do experimento, podem ser atribuídas à redução na disponibilidade de alimento.

TABELA 14: MÉDIAS E PERCENTAGENS DE ORGANISMOS DA MESOFAUNA/m² NO FINAL DO CICLO VEGETATIVO DO FEIJOEIRO E AVEIA, EM FUNÇÃO DO TIPO DE ADUBAÇÃO. GUARAPUAVA - PR, 1995

Tipo de adubação	Feijão		Aveia	
	média	%	média	%
Testemunha	2516	15,46	1720,25	18,89
Adubo químico	2537,5	15,59	1592,50	17,49
Esterco misto	3314,75	20,36	1753,50	19,25
Esterco bovino	3198,25	19,66	1852,25	20,34
Esterco de ovino	4710,75	28,94	2188,25	24,03
		100,00		100,00

4.4 PRODUÇÃO

4.4.1 MATÉRIA SECA

4.4.1.1 FEIJÃO:

Na Tabela 15 são mostrados os dados de matéria seca do feijoeiro em kg/ha. Não houve diferença significativa no nível de 5% de probabilidade entre os diferentes níveis de minhocas inoculadas.

TABELA 15: PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DO FEIJOEIRO EM kg/ha EM FUNÇÃO DO NÍVEL DE MINHOCAS INOCULADAS/m². GUARAPUAVA - PR, 1994.

Nº de minhocas inoculadas/m ²	Produção de matéria seca (kg/ha)
60	2115,90 a
00	2048,90 a
90	2044,10 a
30	1806,56 a

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si no nível de 5% pelo teste de Tukey

Com relação aos diferentes tipos de adubação (tabela 16), os tratamentos esterco ovino e esterco misto não diferiram dos tratamentos esterco bovino e adubação química, mas diferiram da testemunha. Já os tratamentos esterco bovino, adubação química e testemunha não diferiram entre si a 5% de probabilidade.

TABELA 16: PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DE FEIJOEIRO EM kg/ha EM FUNÇÃO DO TIPO DE ADUBAÇÃO. GUARAPUAVA - PR, 1994.

Tipo de Adubação	Produção de Matéria seca (kg/ha)
Esterco ovino	2363,12 a
Esterco misto	2253,30 a
Esterco bovino	2037,95 ab
Adubo químico	1867,55 ab
Testemunha	1497,35 b

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si no nível de 5% pelo teste de Tukey

A maior produção de matéria seca de feijoeiro foi obtida com esterco misto, atingindo 2554 kg/ha, no nível de 90 minhocas/m².

4.4.1.2 AVEIA:

Os dados referentes à matéria seca da aveia se encontram na tabela 17.

TABELA 17: PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA PARA A AVEIA EM kg/ha, EM FUNÇÃO DO NÍVEL DE MINHOCAS INOCULADAS. GUARAPUAVA - PR, 1995.

Nº de minhocas inoculadas/m ²	Produção de matéria seca (kg/ha)
90	4253,80 a
30	4023,80 a
60	3851,40 a
00	3627,00 a

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si no nível de 5% pelo teste de Tukey

Não foram encontradas diferenças significativas no nível de 5% de probabilidade, entre os diferentes níveis de minhocas inoculadas/m².

No que diz respeito aos diferentes tipos de adubação, os tratamentos esterco ovino e bovino não diferiram do misto e do adubo químico no nível de 5% de probabilidade, mas diferiram da testemunha. Esterco misto, adubo químico e testemunha não diferiram entre si.

O peso da matéria seca da aveia em função do tipo de adubação é citado na tabela 18.

TABELA 18: PESO DE MATÉRIA SECA DE AVEIA EM kg/ha, EM FUNÇÃO DO TIPO DE ADUBAÇÃO. GUARAPUAVA - PR, 1994.

Tipo de Adubação	Produção de Matéria seca (kg/ha)
Esterco ovino	4865,50 a
Esterco bovino	4728,00 a
Esterco misto	3535,25 ab
Adubo químico	3495,75 ab
Testemunha	3070,50 b

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si no nível de 5% pelo teste de Tukey

O maior peso de matéria seca do feijoeiro foi obtido com o tratamento 60 minhocas inoculadas/m², resultado semelhante foi obtido por KOBİYAMA (1994), em bracinga. Já o maior peso da matéria seca da aveia foi no tratamento com 90 minhocas inoculadas/m². Esses resultados podem ser comparados com os de TEMIROV e VALIAKHMEDOV (1988) e SPAIN et al., (1992), onde verificaram aumento de massa seca na cevada.

Os rendimentos mais elevados de produção de matéria seca da parte aérea do feijoeiro e da aveia, foram obtidos com os maiores níveis de minhocas (60 e 90, tabelas 16 e 18). Isto pode

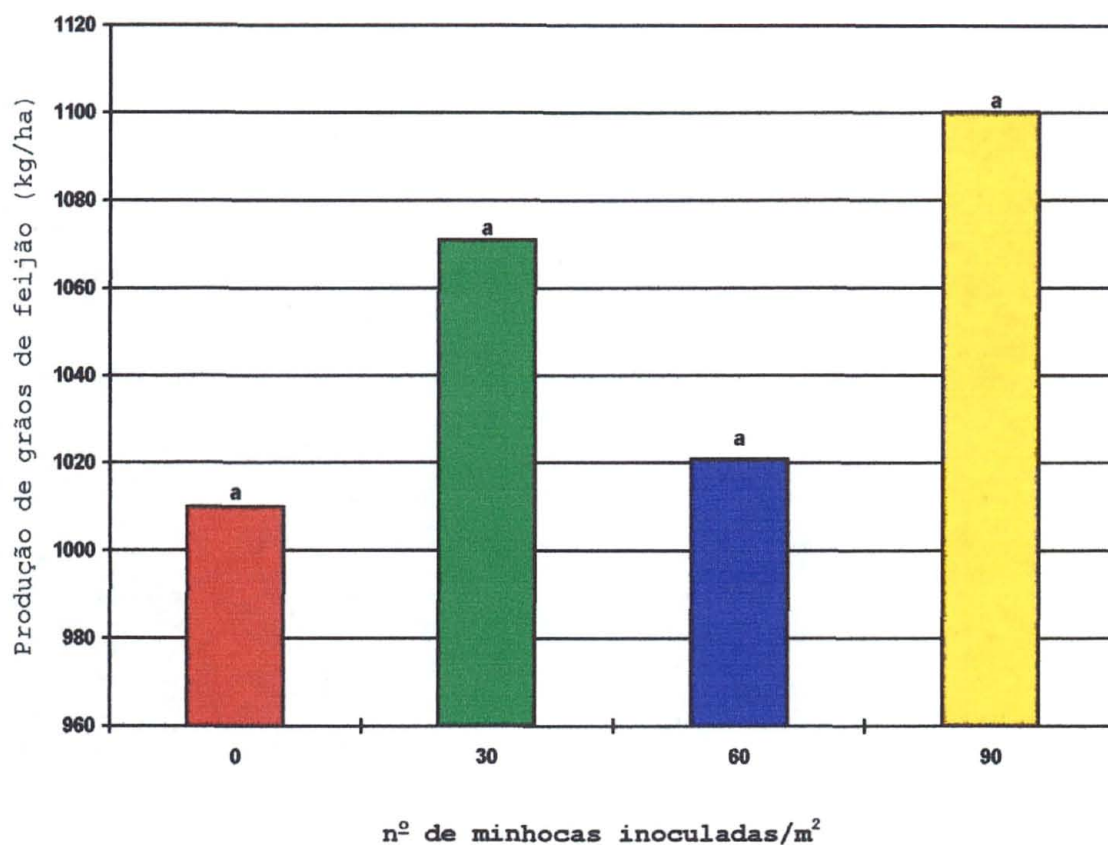
ser devido a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo onde as minhocas foram incorporadas.

4.4.2 PRODUÇÃO DE GRÃOS

4.4.2.1 FEIJÃO:

Os resultados da produção de grãos de feijão se encontram na figura 08.

FIGURA 8: PESO SECO DE GRÃOS DE FEIJÃO (kg/ha) EM FUNÇÃO DO NÍVEL DE MINHOCAS INOCULADAS/m². GUARAPUAVA - PR, 1994.



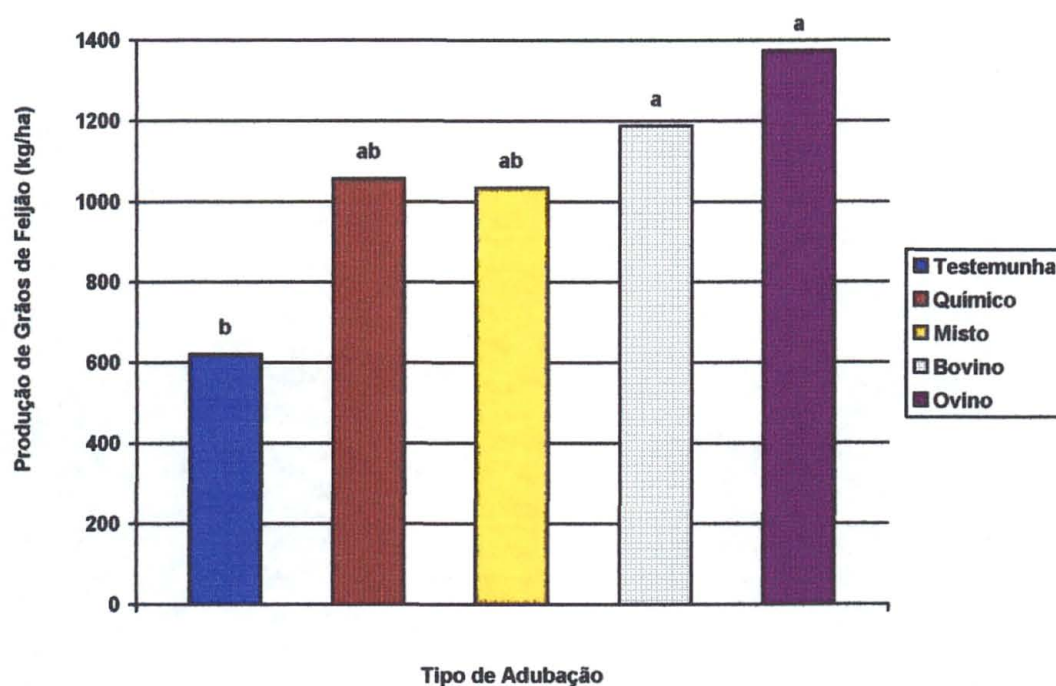
Independente dos níveis de minhocas inoculadas no solo, constatou-se que não houve diferença significativa no nível de 5% de probabilidade.

As produções de grãos secos obtidas em kg/ha de feijão foram: 1100,14, 1070,94, 1020,89 e 1010,04, para os níveis de

90, 30, 60 e 00 minhocas/m² respectivamente.

Quando se comparam os valores obtidos com os diferentes tipos de adubações, apenas a testemunha diferiu significativamente dos demais níveis a 5% de probabilidade (figura 09).

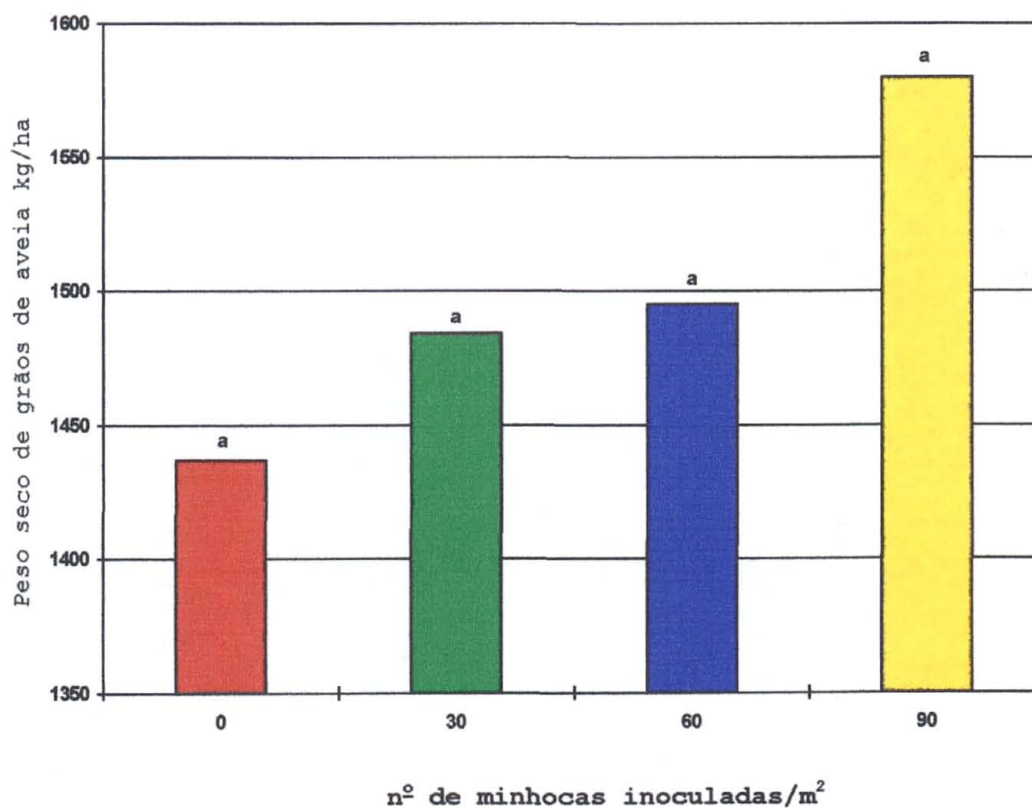
FIGURA 09: PESO SECO DE GRÃOS DE FEIJÃO EM FUNÇÃO DO TIPO DE ADUBAÇÃO. GUARAPUAVA - PR, 1994.



4.4.2.2 AVEIA:

Os resultados da produção da aveia em kg/ha encontram-se na figura 10.

FIGURA 10: PESO DE GRÃOS DE AVEIA (kg/ha) EM FUNÇÃO DO NÍVEL DE MINHOCAS INOCULADAS/m². GUARAPUAVA - PR, 1994

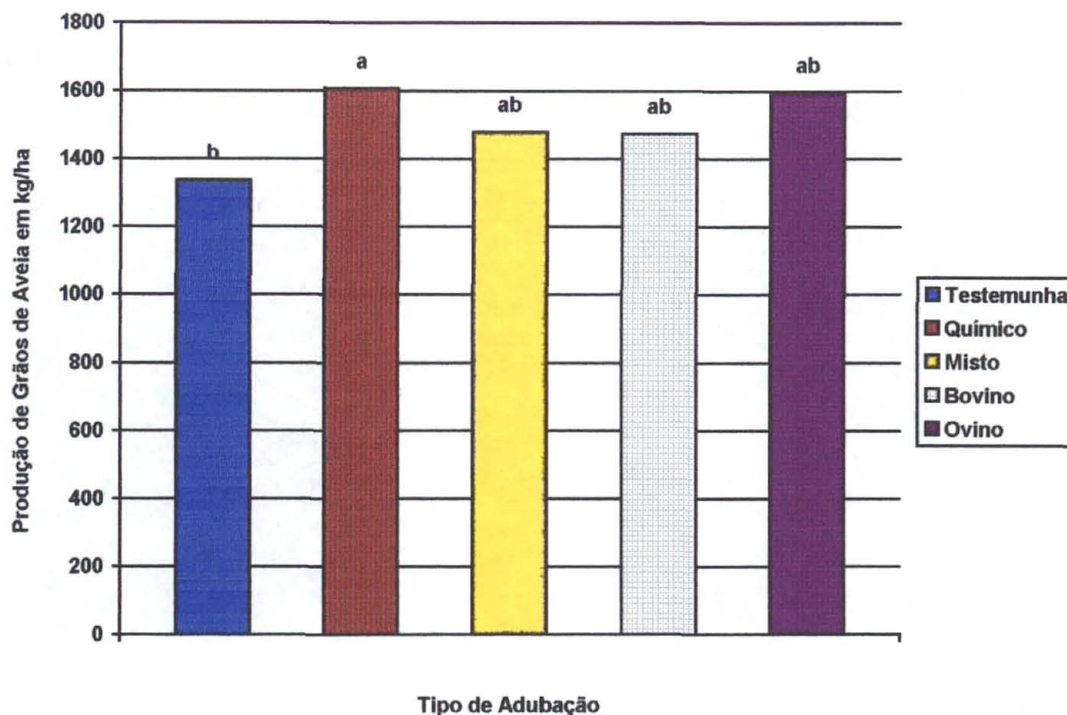


Não foram encontradas diferenças significativas no nível de 5% de probabilidade entre os diferentes níveis de minhocas inoculadas e a produção de grãos de aveia.

As produções de grãos de aveia obtidas em kg/ha foram de 1580,20, 1495,20, 1484,34 e 1436,94 para os níveis de 90, 60, 30 e 00 minhocas inoculadas/m².

Com relação aos diferentes tipos de adubação, praticamente não houve diferença entre a adubação química e o esterco ovino, os mais produtivos (figura 11), sendo que o tratamento químico não diferiu significativamente no nível de 5% de probabilidade dos tratamentos com esterco, mas diferiu da testemunha.

FIGURA 11: PRODUÇÃO DE GRÃOS SECOS DE AVEIA EM FUNÇÃO DO TIPO DE ADUBAÇÃO. GUARAPUAVA - PR, 1995



A produção de grãos (seco) de feijoeiro, foi maior que a média paranaense e guarapuavana. Já a produção de aveia foi menor que a guarapuavana, porém maior que a estadual (DEMARCHI, 1994).

A maior produção de grãos (seco) de feijoeiro foi obtida no tratamento com esterco ovino, e o da aveia no adubo químico, que foi praticamente igual ao ovino.

Os rendimentos mais elevados da produção de grãos do feijoeiro e da aveia foram obtidos com o maior nível de minhocas inoculadas (90). Isto pode ser devido ao fato do melhoramento das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo onde as mesmas foram inoculadas.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 CONCLUSÕES:

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, são possíveis as seguintes conclusões:

1. O solo com maior quantidade de minhocas inoculadas (90 indivíduos por m²), mostrou uma tendência de maior taxa de infiltração e menor resistência à ação do penetrômetro de mola;
2. Os ácaros oribatídeos foram os únicos representantes da mesofauna que apresentaram um aumento em sua densidade no final do experimento;
3. Houve uma redução da mesofauna nos tratamentos onde foram inoculadas as minhocas;
4. O uso de adubo químico reduziu a mesofauna, e o uso de esterco aumentou a mesofauna do solo;
5. A inoculação de minhocas em solos isentos destes animais apresentou uma maior disponibilidade de K na superfície;
6. Os cropólitos das minhocas são muito mais ricos que o solo ao redor em K, P e C, independente do tipo de adubação;
7. A produção de grãos e matéria seca (feijão e aveia) não apresentaram diferenças significativas, mas mostraram uma tendência de aumento de produção com maiores níveis de população de minhocas.

5.2 RECOMENDAÇÕES

As minhocas podem ser consideradas como agentes melhoradoras do solo. O aumento na concentração de K, P e C de seus coprólitos, a maior taxa de infiltração, menor resistência ao penetrômetro e produção de grãos e matéria seca neste trabalho, serve para demonstrar isto. Entretanto, como nesta pesquisa foi avaliada durante apenas 1 ano a sua atividade, outros trabalhos deverão ser feitos, visando a um período mais longo e avaliar a fertilidade em camadas menores que 20 cm.

ANEXOS

ANEXO 01 - DISTRIBUIÇÃO DOS TRATAMENTOS E PARCELAS NO CANTEIRO (CONFINAMENTO) DAS MINHOCAS.
GUARAPUAVA - PR, 1995.

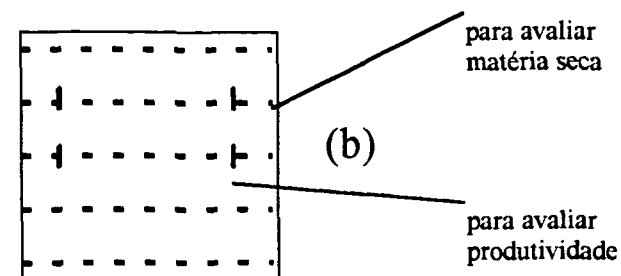
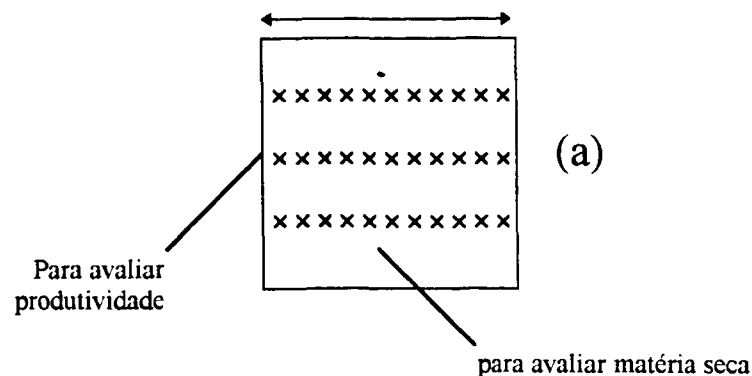
Q 30	C 00	T 60	Q 00	M 30	T 30	C 30	Q 90	M 60	M 90	B 30	M 00	C 60	B 00	C 90	B 60	B 90	Q 60	T 00	T 90
B 60	T 60	C 00	C 30	Q 30	M 30	C 90	B 30	M 90	T 90	T 00	B 00	B 90	M 00	Q 90	M 60	Q 00	C 60	T 30	Q 60

M 00	C 30	M 90	Q 30	B 00	B 90	T 90	C 00	B 30	T 60	Q 90	C 90	T 00	Q 00	B 60	M 60	C 60	M 30	Q 60	T 30
M 30	T 30	Q 90	M 90	Q 00	C 60	C 30	C 00	Q 60	B 00	C 90	B 30	M 60	B 60	Q 30	M 00	T 90	T 60	B 90	T 00

Q = QUÍMICO; T = TESTEMUNHA; C = ESTERCO OVINO; M = ESTERCO MISTO; B = ESTERCO BOVINO
00 - TESTEMUNHA, 30 - 30 minhocas/m², 60 - 60 minhocas/m², 90 - 90 minhocas/m²

ANEXO 02 - PLANTIO DE FEIJÃO E AVELA (a) Feijão; (b) Aveia.

1,00 metro



ANEXO 03: VALORES DA TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO NO PERÍODO 94/95. GUARAPUAVA - PR.

MESES	MÁXIMA	MÍNIMA	MÉDIA DAS MÁXIMAS	MÉDIA DAS MÍNIMAS	PRECIPITAÇÃO
janeiro	29,0	9,0	26,03	15,54	187,10
fevereiro	30,4	15,6	26,69	17,55	214,20
março	28,6	8,8	24,81	14,98	53,40
abril	28,4	5,0	23,62	13,68	91,40
maio	27,0	7,2	22,37	12,36	221,40
junho	25,4	- 4,6	19,19	8,16	198,60
julho	27,0	- 4,4	20,10	8,67	183,70
agosto	30,6	- 1,8	23,37	8,91	13,90
setembro	31,6	5,0	27,30	11,70	54,00
outubro	30,2	10,4	24,58	14,54	193,40
novembro	29,8	6,8	25,15	13,80	252,80
dezembro	32,6	12,6	26,63	16,91	220,91
janeiro	30,0	15,6	27,04	17,97	404,10

ANEXO 04: NÚMERO MÉDIO DOS ANELÍDEOS/M² COLETADOS APÓS UM ANO DE INOCULAÇÃO EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE INOCULADA. GUARAPUAVA - PR, 1995

T30	T60	T90	Q30	Q60	Q90	M30	M60	M90	B30	B60	B90	C30	C60	C90
271	169	81	115	52	88	167	110	199	124	164	137	153	192	114

ANEXO 05: MÉDIAS E PESO (G) DOS ANELÍDEOS/M² EM FUNÇÃO DO NÍVEL DE MINHOCAS INOCULADAS, COLETADOS UM ANO APÓS A INOCULAÇÃO. GUARAPUAVA - PR, 1995.

Nível de inoculação	número de anelídeos	peso
00	0	0
30	166,00	45,81
60	137,40	61,33
90	123,80	66,40

ANEXO 06: MÉDIAS E PESO (G) DOS ANELÍDEOS/M² EM FUNÇÃO DO TIPO DE ADUBAÇÃO, COLETADOS UM ANO APÓS A INOCULAÇÃO. GUARAPUAVA - PR, 1995.

Tipo de adubação	número de anelídeos	peso
testemunha	173,66	38,20
adubo químico	85,00	29,77
esterco misto	158,66	72,29
esterco bovino	141,66	54,28
esterco ovino	153,00	94,80

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AINA, P. O. Contribution of earthworms to porosity and water infiltration in a tropical soil under forest and long-term cultivation. **Pedobiologia**, Jena, v. 26, p. 131-136, 1984.
- ALMEIDA, F. S. **Influência da cobertura morta do plantio direto na biologia do solo**. In: ATUALIZAÇÃO EM PLANTIO DIRETO. Campinas: Fundação Cargill, p. 103-144. 1985.
- ANDERSON, J. M. Invertebrate-mediated transport processes in soils. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 24, p. 5-19, 1988.
- BLANCHART, E. Restoration by earthworms (Megascolecidae) of the macroaggregate structure of a destructured savana soil under field conditions. **Soil. Biol. Biochem.**, Elmsford, v. 24, n. 12, p. 1587-1594, 1992.
- BOETTCHER, S. E.; KALISZ, P. J. Single-tree influence on earthworms in forest soils in Eastern Kentucky. **Soil Sci. Soc. A. Journal**, v. 55, May-June, p. 862-865, 1991.
- BZUNECK, H. L. **Efeitos de dois sistemas de preparo do solo e de sucessões de culturas na população de ácaros e colêmbolos**. Curitiba, 1988. Tese de Mestrado - UFPR.
- CHESHIRE, M. V.; GRIFFITHS, B. S. The influence of earthworms and crane fly larvae on the decomposition of uniformly ¹⁴C labelled plant material in soil. **J. Soil Sci.**, Oxford, v. 40, n. 1, p. 117-124, march, 1989.
- COOKE, A. The effects of fungi on food selection by *Lumbricus terrestris*. In: SATCHELL, J. E. (ed.) **Earthworm Ecology**. London: Chapman and Hall, p. 365-373. 1983.
- DADALTO, G. G.; COSTA, L. M. Relação entre características químicas de solo e excreções de minhoca (*Glossoscolex* spp.) Ceres, Viçosa, v. 37, n. 212. p. 331-336, 1990.
- DEMARCHI, M. **Acompanhamento da situação agropecuária do Paraná**. Sec. Est. Agric. e Abast., Curitiba, v. 20, n. 4, p. 31-39, abr/mai, 1994.
- DEXTER, A. R. Tunelling in soil by earthworms. **Soil Biol. Biochem.**, Elmsford, v. 10, p. 447-449, 1978.
- EDWARDS, C. A. Earthworm ecology in cultivated soils. In: SATCHELL, J. E. (ed.) **Earthworm Ecology**. London: Chapman and Hall, p.123-137. 1983.
- EDWARDS, C. A.; FLETCHER, K. E. Interactions between earthworms and microorganisms in organic-matter breakdown. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 24, p. 235-247, 1988.
- EDWARDS, W. M.; NORTON, L. D.; REDMOND, C. E. Characterizing macrospores that affect infiltration into nontilled soil. **Soil Sci. Soc. Am. Journal**, Madison, v. 52, p. 483-487, 1988.
- EDWARDS, W. M.; SHIPITALO, M. J.; TRAINA, S. J.; EDWARDS, C. A.; OWENS, L. B. Role of *Lumbricus terrestris*, L. Burrows on quality of infiltrating water. **Soil Biol. Biochem.**, Elmsford, v. 24, n. 12, p. 1555-1561, 1992.
- EHLERS, W. Observations on earthworm channels and infiltration on tilled and untilled loess soil. **Soil Sci.**, Baltimore, v. 110, n. 9, p. 242-249, 1975.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa. **Manual de Métodos de Análises de Solos**. Rio de Janeiro. SNLCS, 1979. IV.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Curitiba, EMBRAPA-

- SNLCS/SUDESUL/IAPAR, 1984.
- HAND, P.; HAYES, W. A.; FRANKLAND, J. C.; SATCHELL, J. E. Vermicomposting of cow slurry. *Pedobiologia*, Jena, v. 31, p. 199-209, 1988.
- HARTENSTEIN, R. Soil macroinvertebrates, aldehyde, oxidase, catalase, cellulase and peroxidase. *Soil Biol. Biochem.*, Elmsford, v. 14, p. 387-391, 1982.
- HAYES, M. H. B. Darwin's "Vegetable mould" and some modern concepts of humus structure and soil agregation. In: SATCHELL, J. E. (ed.) *Earthworm Ecology*. London: Chapman and Hall, 1983. p. 19-33.
- HEINE, O.; LARINK, O. Food and cast analyses as a parameter of turn-over of materials by earthworms (*Lumbricus terrestris* L.) *Pedobiologia*, Jena, v. 37, p. 245-256, 1993.
- HULUGALLE, N. R.; EZUMAH, H. C. Effects of cassava-based cropping systems on phisico-chemical properties of soil and earthworm casts in a tropical alfisol. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v. 35, p. 55-63, 1991.
- I.T.M. Instituto Tecnológico Mackenzie. Divisão de Engenahria Mecânica e Aferição. Instrução para o uso do penetrômetro de solos marca Solotest S 210. Manual. BelaVista. São Paulo.
- JOSCHKO, M.; SOCHITIG, W.; LARINK, O. Functional relationship between earthworm burrows and soil water movement in column experiments. *Soil Biol. Biochem.* Elmsford, v. 24, n. 12, p. 1545-1547, 1992.
- KIEHL, E. J. *Fertilizantes orgânicos*. São Paulo, Agronômica Ceres, 1985. 429 p.
- KNAPPER, C. F. U. *Adubação Verde no Brasil*. Campinas, Fundação Cargill, p. 280-281, 1984.
- KNIGHT, D.; ELLIOTT, P. W.; ANDERSON, J. M.; SCHOLEFIELD, D. The role of earthworms in managed permanent pastures in Devon, England. *Soil Biol. Biochem.*, Elmsford, v. 24, n. 12, p. 1511-1517, 1992.
- KOBIYAMA, M. *Influência da minhoca louca (Amynthes spp. Rosa, 1891) sobre o movimento da água no solo, relacionado ao crescimento da bracatinga (Mimosa scabrella Benth)*. Curitiba, PR, 1994. Tese de Doutorado, UFPR.
- LAL, R. Effects of macrofauna on soil properties in tropical ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v. 24, p. 101-116, 1988.
- LAL, R.; AKINREMI, O. O.; Physical properties of earthworm cast and surface soil as influenced by management. *Soil Sci.*, Baltimore, v. 135, n. 2, p. 114-122, 1983.
- LANG, R. O. *Grande Manual de Agricultura, Pecuária e Receitaário Industrial*. Porto Alegre, Globo, v. 2, p. 36-40. 1978.
- LAVELLE, P. Earthworm activities and soil system. *Biol. Fert. of Soil*. Verlag, v. 6, p. 237-251, 1988.
- LEE, K. E. *Earthworms: Their ecology and relationships with soils and land use*. Sydney: Academic Press, 1985. 411 p.
- LOGSDON, S. D.; LINDEN, D. R. Interactions of earthworms with soil physical conditions influencing plant growth. *Soil Sci.*, Baltimore, v. 154, n. 4, p. 330-337, 1992.
- MACKAY, A. D.; SYERS, J. A.; SPRINGETT, J. A.; GREGG, P. E. H. Plant availability of phosphorus in superphosphate and a phosphate rock as influenced by earthworms. *Soil Biol. Biochem.* v. 14, p. 281-287, 1982.
- MCCOLL, H. P.; HART, P. B. S.; COOK, F. J. Influence of earthworms on some soil chemical and physical properties, and the growth of ryegrass on a soil after topsoil stripping a pot

- experiment. **N. Z. J. Agric. Research**, Lower Hutt, v. 25, p. 239-243, 1982.
- MARINISSEN, J. C. Y.; de RUITER, P. C. Contribution of earthworms to carbon and nitrogen cycling in agro-ecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 47, p. 59-74, 1993.
- MEINICKE, A. C. **As minhocas**. Campos Gerais, Coopersul, 1988, 124 p.
- MINNICH, J. **The earthworm book: How to raise and use earthworms for your farm and garden**. Emmaus Rodade Press, 1977. 327 p.
- MONDARDO, A. **Plantio Direto no Brasil**. Campinas, Fundação Cargill, p. 53-78, 1984
- NUUTINEN, V. Earthworm community response to tillage and residue management on different soil types in southern Finland. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 23, p.221-239, 1992.
- O'BRIEN, B. J.; STOUT, J. D. Movement and turnover of soil organic matter as indicated by carbon isotope measurements. **Soil Biol. Biochem.**, Elmsford, v. 10, p. 309-317, 1978.
- PASHANASI, B.; MELENDEZ, G.; SZOTT, L.; LAVELLE, P. Effect of inoculation with the endogeic earthworm *Pontoscolex corethrurus* (glossoscolecidae) on N availability, soil microbial biomas and growth of three tropical fruit tree seedlins in a pot experiment. **Soil Biol. Biochem.**, Elmsford, v. 24, n. 12, p. 1655-1659, 1992.
- PAULETTI, M. G.; FAVRETTO, M. R.; STINNER, B.; PURRINGTON, F. F.; BATER, J. E. Invertebrates as bioindicators of soil use. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 34, p. 341-362, 1991.
- PEREL, T. S. Differences in lumbricid organization connected with ecological properties. **Soil Organisms as Component of Ecosystems**, Stockholm, v. 25, p. 56-63, 1977.
- PIEARCE, T. G. Gut contents of some lumbricid earthworms. **Pedobiologia**, Jena, v. 18, p. 153-157, 1978.
- PIZL, V. Succession of earthworm populations in abandoned fields. **Soil Biol. Biochem.**, Elmsford, v. 24, n. 12, p. 1623-1628, 1992a.
- POP, V. V.; POSTOLACHE, T.; VASU, A.; GRACIUN, C. Calcophilus earthworms activity in soil; an experimental aproach. **Soil Biol. Biochem.**, Elmsford, v. 24, n. 12, p. 1483-1490, 1992.
- PRIMAVESI, A. **Manejo Ecológico do Solo**. Nobel. São Paulo, 9ª ed. 1987.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Boletim Técnico IAC, Campinas, 1983. 31 p.
- RAUEN, M. J. O SOLO DO PARANÁ. In: **Anais do Curso de Atualização em Pastagens**. Cascavel, OCEPAR, 1991.
- REDDY, M. V. Effects of fire in the nutrient content and microflora of casts of *Pheretima alexandri*. In: SATCHELL, J. E. (ed.) **Earthworm Ecology**. London: Chapman and Hall, p. 209-213. 1983.
- REEST, P. J. van der; ROGAAR, H. The effect of earthworm activity on the vertical distribution of plant seeds in newly reclaimed polder soil in Netherlands. **Pedobiologia**, Jena, v. 31, p. 211-218, 1988.
- REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. Editora Manole Ltda. São Paulo, 1987.
- RIGHI, G. **As minhocas: de Mato Grosso a Rondônia**. Brasília, CNPQ, AED, 1989.

- ROSOLEN, C. A. NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DO FEIJOEIRO. In: BULISANI, E. A. (ed) **Feijão: Fatores de Produção e Qualidade**. Campinas. Fundação Cargill. p. 89-161, 1987.
- SATCHELL, J. E. EARTHWORM MICROBIOLOGY. In: SATCHELL, J. E. (ed.) **Earthworm Ecology**, London: Chapman and Hall, p. 351-363. 1983
- SATCHELL, J. E.; MARTIN, K. Phosphatase activity in earthworm faeces. **Soil Biol. Biochem.**, Elmsford, v. 16, n. 2, p. 191-194, 1984.
- SHARPLEY, A. N.; SYERS, J. K. Seasonal variation in casting activity and in the amounts and release to solution of phosphorus forms in earthworm casts. **Soil Biol. Biochem.**, Elmsford, v. 9, p. 277-231. 1977.
- SHIPITALO, M. J.; PROTZ, R. Factors influencing the dispersibility of clay in worm casts. **Soil Sci. Soc. Am. Journal**, Madison, v. 52, p. 764-769, 1988.
- SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILA NOVA, N. A. **Manual de Ecologia dos Insetos**. Agronômica Ceres, São Paulo, 1976, 419 p.
- SIMEK, M.; PIZL, V. The effect of earthworms (Lumbricidae) on nitrogenase activity in soil. **Biol. Fert. of Soil**, Verlag, v. 7, p. 370-373, 1989.
- SPAIN, A. V.; LAVELLE, P.; MARIOTTI, A. Stimulation of growth by tropical earthworm. **Soil Biol. Biochem.**, Elmsford, v. 24, n. 12, p. 1629-1633, 1992.
- SPRINGETT, J. A. Effect of five especies of earthworm on some soil properties. **J. Appl. Ecol.**, Oxford, v. 20, p. 865-872, 1983.
- SPRINGETT, J. A.; SYERS, J. K. Effect of pH and Calcium content of soil on earthworm cast production in the laboratory. **Soil Biol. Biochem.**, Elmsford, v. 16, n. 2, p. 185-189, 1984.
- SPRINGETT, J. A. Effect on introducing *Allolobophora longa* Ude on root distribution and some soil properties in New Zealand pastures. In: **Ecological interactions in soil: plants, microbes and animals**. FITTER, A. H. et al., Eds Blackwell, Oxford, p. 399-405, 1985.
- STORER, T. **Zoologia Geral**. Ed. Nacional. São Paulo, 1991.
- STOUT, J. D. Organic matter turnover by earthworms. In: SATCHELL, J. E. (ed.) **Earthworm Ecology**. London: Chapman and Hall, p. 35-38. 1983.
- SYERS, J. K.; SPRINGETT, J. A. Earthworm ecology in grassland soils. In: SATCHELL, J. E. (ed.) **Earthworm Ecology**. London: Chapman and Hall, p. 67-83. 1983.
- TEMIROV, T.; VALIAKHMEDOV, B. Influence of earthworms on fertility of high altitude desert soil in Tajikistan. **Pedobiologia**, Jena, v. 32, p. 293-300, 1988.
- TIWARI, S. C. Effects of organic manure and NPK fertilization on earthworm activity in an Oxisoil. **Biol. Fert. of Soils**, Verlag, v. 16, p. 293-295, 1993.
- TIWARI, S. C.; MISHRA, R. R. Fungal abundance and diversity in earthworm casts and in unigested soil. **Biol. Fert. of Soils**, Verlag, v. 16, p. 131-134, 1993.
- TOMATI, U.; GRAPPELLI, A.; GALLI, E. The hormone-like effect of earthworm cast on plant growth. **Biol. Fert. of Soils**, Verlag, v. 5, p. 288-294, 1988.
- VIEIRA, E. U. N. PRODUÇÃO E TECNOLOGIA. In: **Cultura do Feijoeiro, Fatores que afetam a produtividade**. Assoc. Bras. da Potassa e Fosfato. Piracicaba, p. 57-62, 1988.
- VOSS, M. A. **A importância da minhoca no plantio direto**.

- EMBRAPA-ABC-IAPAR-EMATER/PR, Londrina, Boletim n. 16, ano IV, jan/mar., 1986.
- WEST, L. T.; HENDRIX, P. F.; BRUCE, R. R. Micromorphic observation of soil alteration by earthworms. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 34, p. 363-370, 1991.
- YATES, G. W. Earthworm population of a pasture spray-irrigated with dairy shed effluent. **N. Z. J. of Agric. Research**, Lower Hutt, v. 19, p. 387-391, 1976.
- ZACHMANN, J. E.; LINDEN, D. R.; CLAPP, C. E. Macroporous infiltration and redistribution as affected by earthworms, tillage and residue. **Soil Sci. Soc. A. Journal**, Madison, v. 51, p. 1580-1587, 1987.
- ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. SANEST/95. **Sistema de análise estatística**. Universidade Estadual de Londrina. 1995.
- ZOU, X. Species effects on earthworm density in tropical tree plantations in Hawaii. **Biol. Fert. of Soils**, Verlag, v. 15, p. 35-38, 1993.